



Consiglio Nazionale delle Ricerche



**ISTITUTO DI NEUROSCIENZE**



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



## **Gioco d'Azzardo Patologico-GAP**

dalla Neurobiologia Sperimentale alla Clinica

Bologna, giovedì 26 Gennaio 2017

## **Apprendimento Catastrofico**

**Le applicazioni della Neuropsichiatria Computazionale allo studio del gioco d'azzardo patologico (GAP)**

**Matteo Temporin**

# Abstract

- Lo sviluppo delle neuroscienze ha portato alla creazione di modelli di elaborazione ed apprendimento innovativi quali le reti neurali artificiali.
- Questi modelli, detti in generale connessionistici, sono oggetto di crescente interesse dopo lo sviluppo di alcune architetture di calcolo definite di deep learning.
- In esse il principale limite è che apprendono, con efficacia spesso superiore a quella umana, un determinato compito, ma se utilizzate per apprendere una seconda abilità perdono rapidamente quella precedente.
- Si tratta del cosiddetto apprendimento catastrofico.
- Proprio il contrario di quello che accade nel cervello umano ed in particolare nella acquisizione di abitudini.
- Spesso questi comportamenti abitudinari diventano delle vere e proprie dipendenze, come nel caso del GAP, sulle quali è estremamente difficile intervenire.
- La domanda che è naturale porsi è la seguente: quali sono le strutture del cervello che consentono l'apprendimento flessibile di nuove abilità senza dimenticare le precedenti?
- Gli studi più recenti di Neuropsichiatria Computazionale identificano nella “modularità gerarchica” delle funzioni cerebrali la ragione strutturale che permette un apprendimento non catastrofico.
- Verranno illustrate alcune ipotesi su come venga orchestrata questa modularità gerarchica al fine di comprendere, prevenire e curare il GAP.

# Metodologia

- Il lavoro che presentiamo ha le caratteristiche di una **progettazione informatica**, cioè della descrizione funzionale di un modello informatico di prevenzione dello sviluppo di dipendenze comportamentali in relazione al gioco d'azzardo.
- La metodologia utilizzata è quindi quella di qualsiasi progetto informatico: definire i requisiti dell'utente, definire i dati che vengono prodotti ed utilizzati, stabilire le funzioni e le procedure per trattarli per corrispondere ai requisiti, definire tecnicamente come queste funzioni vengano realizzate e stabilire l'ambito concreto di dati entro cui verificare il funzionamento del sistema.
- Il problema principale in un progetto di questo tipo, del resto non insolito nella progettazione informatica, è stabilire in modo flessibile quali siano i dati che devono essere trattati.
- Nel nostro caso i dati sono informazioni sul comportamento di persone, non solo in relazione al gioco, ma soprattutto in relazione al contesto sociale e culturale in cui il gioco si inserisce.
- Prevenire uno sviluppo patologico del gioco d'azzardo significa infatti portare il giocatore a essere **consapevole** della attività che sta svolgendo.
- Essere consapevoli di una propria attività significa vederla in relazione alle altre attività che potenzialmente possono essere fatte dal giocatore, confrontarne i risultati, scegliere soluzioni ottimali rispetto ai propri obiettivi.
- Il requisito fondamentale del sistema è quindi **fornire al giocatore informazioni utili al raggiungimento della autoconsapevolezza** della propria attività di gioco. Per farlo è necessario definire come avvenga nel giocatore un processo di **interpretazione cognitiva** di nuove informazioni.
- Abbiamo scelto di farlo a partire dai risultati acquisiti dalle neuroscienze. Il modello interpretativo di questi risultati è quello dei sistemi di intelligenza artificiale generalizzata. Nel nostro caso abbiamo sviluppato un modello di Neuropsichiatria Computazionale che abbiamo chiamato Luoglo, cioè **luogo globale**, come il nostro cervello, in cui il comportamento locale di ognuno di noi si inserisce nella globalità della nostra storia evolutiva, personale e culturale.

# Materiali

- I materiali considerati nella nostra progettazione informatica sono essenzialmente di due tipi:
- I risultati delle **neuroscienze** riguardo alle attività fisiche che avvengono nel nostro cervello
- I risultati di quella disciplina che viene denominata correntemente **intelligenza artificiale**.
- Entrambe queste discipline hanno conosciuto recentemente enormi sviluppi e risulta estremamente difficile selezionare i risultati più importanti per i nostri obiettivi.
- Abbiamo scelto necessariamente di identificare un aspetto chiave di ognuno dei due ambiti di ricerca.
- Nel caso delle neuroscienze abbiamo selezionato per la nostra analisi l'unità funzionale principale del nostro cervello: i recettori. Infatti, ci sembra, che nelle tre tipologie di recettori individuati dalla ricerca neuro scientifica vi siano le basi per spiegare molte delle potenzialità del cervello animale ed umano.
- I **recettori** sulla superficie dei neuroni sono il vero **elemento di elaborazione elementare** dei segnali biochimici presenti nel cervello. Sono il transistor che connesso in una rete funzionale produce le funzioni complesse delle cellule del cervello il cui scopo principale è svilupparsi, cambiare struttura recettiva e produrre sostanze biochimiche per i recettori di altre cellule. Considerare solamente il neurone come unità elementare di calcolo significa non poter comprendere la meravigliosa complessità del cervello.
- Nel caso dell'intelligenza artificiale abbiamo considerato come materiali della nostra progettazione i limiti degli attuali sviluppi nel settore, i limiti di quelle tecniche che vengono denominate di **deep learning**.
- La impossibilità di queste tecniche di permettere forme di apprendimento generalizzato e cioè incrementale e flessibile è per noi il problema chiave da superare per permettere lo sviluppo di sistemi veramente intelligenti.
- Vedremo che le neuroscienze suggeriscono, anche solo considerando gli aspetti relativi ai recettori, una soluzione che cercheremo di descrivere col maggior livello di dettaglio possibile a questo livello di progettazione.

# Sommario

1. **Intelligenza naturale**
  1. Meccanismi ionotropici, metabotropici e tropici nel cervello
  2. La selezione naturale e il connectoma statico
  3. La selezione dinamica del segnale e il connectoma dinamico
2. **Intelligenza Artificiale**
  1. I Modelli di Deep Learning supervisionato e non supervisionato: la singolarità si avvicina
  2. I Limiti del Deep Learning: la mancanza di generalità e l'apprendimento catastrofico
  3. Il Modello Luoglo: prevedere il segnale prodotto dall'azione dinamica del corpo sulla realtà
  4. La rappresentazione funzionale del segnale: rendere statico ciò che è dinamico
  5. L'apprendimento della rappresentazione funzionale dell'azione: plasticità hebbiana
3. **Applicazioni**
  1. La selezione naturale delle reazioni automatiche al segnale: una robusta frontiera efficiente
  2. La coerenza dell'azione con le reazioni automatiche: al di là del bene e del male
  3. L'orchestrazione di nuovi moduli funzionali: la plasticità funzionale indotta dal talamo
  4. Le abitudini e le dipendenze: i limiti di qualsiasi sistema di apprendimento generalizzato
  5. La condivisione sociale di rappresentazioni funzionali: linguaggi per superare l'autismo delle macchine
4. **Applicazioni al GAP**
  1. Evoluzione del mercato e dei sistemi gioco: la zona
  2. Conseguenze comportamentali: time on device
  3. Possibili interventi di prevenzione: evolvere il luogo di gioco e aumentare le soglie di ingresso



Consiglio Nazionale delle Ricerche



**ISTITUTO DI NEUROSCIENZE**



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



## **Gioco d'Azzardo Patologico-GAP**

dalla Neurobiologia Sperimentale alla Clinica

Bologna, giovedì 26 Gennaio 2017

1. Meccanismi ionotropici, metabotropici e tropici nel cervello
2. La selezione naturale e il connectoma statico
3. La selezione dinamica del segnale e il connectoma dinamico

# **INTELLIGENZA NATURALE**

# Intelligenza naturale

- L'intelligenza naturale degli animali si basa sul cervello per coordinare l'azione del corpo
- In queste funzioni di controllo dell'azione comprendiamo non solo il coordinamento degli organi dedicati al movimento, i **muscoli**, ma anche le funzioni di regolazione dei circuiti di **omeostasi** dell'organismo che sono influenzabili dal cervello (come la regolazione dei battiti cardiaci, il livello di acqua e di pressione nel sangue, lo stato di eccitazione sessuale ecc.)
- Per svolgere queste funzioni di controllo dell'azione del corpo il cervello percepisce tutta una serie di **segnali** che vengono elaborati **in funzione** delle azioni che verranno svolte. Nei segnali comprendiamo quelli provenienti dagli organi di senso (percettivi), ma anche i segnali che indicano un pericolo (nocicettivi come quelli di calore o di pressione), quelli che provengono dai livelli di omeostasi non in equilibrio (enterocettivi come sete, fame, fatica, paura, piacere ecc.) e quelli provenienti dai muscoli per segnalare lo stato di tensione dei muscoli (proprioceettivi).
- La connessione tra segnali e azione avviene nel cervello a vari livelli distinguibili in funzione del **tempo di reazione** necessario: una connessione immediata tra segnali e azioni avviene per le **reazioni riflesse** tra segnali proprioceettivi e azione muscolare.
- Una connessione mediata da livelli sempre maggiori di elaborazione del segnale avviene quando vi è il tempo e la necessità di coordinare una azione complessa come nel caso del mantenimento dell'equilibrio o del movimento di occhi e testa in risposta ad un suono o ad un segnale visivo come nel caso delle **reazioni automatiche** che vengono apprese durante lo sviluppo.
- Infine tutta una serie di **azioni con effetti a lungo termine** vengono coordinate dal cervello attraverso delle funzioni che vengono apprese in risposta a nuove esperienze e a cambiamenti ambientali e sociali.

# Meccanismi ionotropici, metabotropici e tropici nel cervello

- A produrre l'elaborazione dei segnali in azioni sono, come sappiamo, i **neuroni**. I neuroni sono cellule che servono a produrre segnali chimici sulla base di segnali fisici (la luce, il calore, la pressione e segnali chimici). Tra di essi la connessione avviene attraverso la trasmissione di **segnali chimici** prodotti dai neuroni verso altri neuroni. A ricevere queste sostanze chimiche sulla superficie del neurone sono delle molecole che vengono chiamate **recettori**.
- I recettori sulla superficie del neurone producono essenzialmente tre tipi di effetti:
  - Permettono l'entrata e l'uscita di ioni dal neurone e quindi parliamo di effetto **ionotropico**.
  - Modificano per un certo tempo il funzionamento del neurone e quindi parliamo di effetto **metabotropico**.
  - Determinano la variazione della posizione e della forma del neurone (**tropismo** cellulare) nello spazio intracellulare e eventualmente ne producono la morte (l'apoptosi) e in alcuni casi la nascita da cellule staminali neurali.
- Tutti questi effetti sono prodotti da recettori sulla superficie cellulare del neurone, ma anche sulla superficie delle cellule gliali e dei muscoli.
- Sono i recettori e non le sostanze chimiche da loro ricevute ad avere funzioni diverse. Ciò è dovuto ai diversi «movimenti» che svolge il recettore:
- Nel caso ionotropico è il recettore stesso un canale per il passaggio di ioni.
- Nel caso di un recettore metabotropico attiva legami diversi con proteine e molecole della macchina cellulare.
- Nel caso di un effetto tropico è la struttura della macchina cellulare a cambiare producendo estensioni della membrana o un movimento della intera cellula guidata dal segnale.
- I recettori possono reagire a sostanze chimiche (agonisti) o legarsi a sostanze che impediscono la reazione del recettore (antagonisti). Possono aver bisogno di una coppia di sostanze chimiche. Possono reagire in modo più o meno intenso a sostanze simili. Alcuni recettori sono destinati al metabolismo delle sostanze chimiche assorbendole e riciclandole.
- La stessa sostanza chimica può attivare recettori di tipo diverso ed avere quindi effetti diversi a seconda del recettore.

# Meccanismi ionotropici

- Si tratta di una risposta molto rapida di depolarizzazione elettrica che si diffonde rapidamente all'interno del neurone e raggiunge lungo i percorsi definiti della forma del neurone delle aree del neurone (**sinapsi**) destinate alla espulsione di vescicole contenenti segnali chimici.
- Cioè lo scompenso ionico serve come segnale per produrre uno spostamento di minuscole bolle interne al neurone. La membrana di queste bolle quando si avvicina alla membrana del neurone si fonde con essa e si apre la vescicola verso l'esterno come una bolla di vapore che si avvicina alla superficie della pentola con acqua bollente.
- Questo processo avviene in funzione del numero di molecole che raggiungono i rispettivi recettori ionotropici e in funzione del numero di recettori sulla superficie del neurone in prossimità ai luoghi in cui queste molecole sono presenti.
- Questa funzione è assimilabile a quella di una **somma pesata** dei segnali biochimici raccolti dai recettori ionotropici.
- La depolarizzazione del neurone non può durare a lungo per effetto del riassorbimento o della espulsione naturale di ioni nel neurone. Dopo un certo periodo il neurone è in una condizione di riposo tale da poter subire di nuovo l'effetto dei recettori ionotropici. Ad esempio sono state ricostituite nuove vescicole e il processo è pronto a ripartire.
- Essendo proteine, i recettori vengono prodotti dai processi di sintesi proteica governati dal corredo genetico e dalla macchina biochimica e metabolica del neurone. I recettori vengono collocati in aree specifiche del neurone (**dendriti**) e le vescicole vengono localizzate in prossimità dei dendriti di altri neuroni.
- I segnali biochimici vengono riassorbiti dai neuroni e dalle cellule **gliali** che circondano i neuroni nel cervello.
- Per impedire parzialmente questo riassorbimento, per aumentare la velocità di trasmissione della depolarizzazione e per evitare che il contatto della membrana del neurone con altri neuroni disturbi la polarizzazione o depolarizzazione del neurone, alcune parti dei neuroni (gli **assoni** che trasferiscono il segnale a lunga distanza) vengono ricoperte nel cervello maturo da cellule gliali che contengono una sostanza grassa detta **mielina**.

# I movimenti sono ionotropici

- La **localizzazione** dei neuroni, delle cellule gliali, della mielina, delle vescicole e dei recettori ovviamente cambia le funzioni ionotropiche dei neuroni.
- Tutto questo processo consuma energia ed è possibile per la presenza di una complessa macchina molecolare che regola e produce i fattori che influenzano la funzione del neurone e ne mantengono la sopravvivenza entro determinati limiti di **omeostasi delle funzioni ionotropiche** e su scale temporali minori di ognuno dei processi metabolici che le rendono possibili.
- Alcuni recettori sulla superficie delle **cellule muscolari** permettono un effetto di uscita e entrata di ioni che provoca il movimento relativo di alcune molecole e il conseguente cambiamento di forma della cellula.
- I segnali biochimici (nel caso dei muscoli la **acetilcolina**) che consentono attraverso dei recettori un cambiamento di forma delle cellule muscolari vengono prodotti da neuroni (motoneuroni) che producono questi particolari segnali chimici nelle vicinanze della superficie delle cellule muscolari.
- Le cellule muscolari, similmente ai neuroni, hanno funzioni di ripristino automatico dell'equilibrio e tutta una serie di cellule che misurano l'attività muscolare (segnali **propriocettivi**) che vengono elaborati anche da neuroni del sistema nervoso periferico e che influenzano i neuroni motori producendo movimenti riflessi.
- A questo livello possiamo notare la prima **biforcazione** del rapporto tra segnali ed azione: una via immediata di intervento sui neuroni motori e una mediata che arriva al cervello per successive elaborazioni che correlano quel segnale propriocettivo ad altri segnali e ad altre azioni.
- L'azione del segnale propriocettivo ha quindi una azione ionotropica immediata nelle vicinanze **topografiche** del neurone che ha prodotto il movimento e una non topografica verso altri neuroni e, indirettamente, verso altri motoneuroni.
- La differenza tra i due tipi di azione è che le reazioni riflesse vengono prodotte da connessioni topografiche decise alla nascita, mentre le reazioni mediate sono oggetto di **apprendimento** che viene acquisito durante lo sviluppo fisico del corpo (reazioni automatiche) e nel corso di tutta la vita.

# Meccanismi metabotropici nel cervello

- I recettori metabotropici hanno il principale effetto di **modulare** la risposta ionotropica.
- Ad esempio inibendo o meno le reazioni ionotropiche, favorendo o meno la crescita sulla membrana cellulare di recettori ionotropici o cambiando la velocità del metabolismo di alcune sostanze chimiche. Si tratta di effetti di **plasticità** neurale temporanea o definitiva.
- A caratterizzare la risposta metabotropica è il tempo necessario a cominciare, la durata e la velocità di creazione dell'effetto modulatorio e la stabilità di questo effetto nel tempo. Cioè esiste un tempo di reazione al segnale ricevuto dal recettore metabotropico che provoca un cambiamento nella macchina cellulare e un tempo di ripristino delle normali attività del neurone (cioè ad esempio la interruzione della crescita di recettori ionotropici sulla membrana).
- Gli effetti della attività metabotropica possono **permanere** per molto tempo oppure scomparire dopo pochi secondi.
- Mentre i meccanismi ionotropici sono noti da tempo quelli metabotropici sono in gran parte ancora oggetto di studio. Essi riguardano infatti la relazione tra il cambiamento di forma del recettore e le molecole che reagiscono a cascata a questo cambiamento dentro il neurone fino ad interagire con la macchina di produzione proteica governata dal corredo genetico e la sua modulazione spaziale ed epigenetica.
- Se pensiamo alla **quantità di informazione** che fluisce attraverso il sistema neurale (il bit rate) possiamo pensare che mentre la reazione ionotropica elabora il segnale a livelli di pochi decimi di millesimi di secondo quella metabotropica cambia questa elaborazione a livelli temporali di diversi ordini di grandezza maggiore.
- La funzionalità cerebrale ionotropica viene cambiata dagli effetti metabotropici in maniera **topografica e non topografica** a seconda che la sostanza che produce l'effetto metabotropico venga mandata in modo **localizzato** a certi recettori o che attivi recettori di una zona più o meno **ampia** (come nel caso di **farmaci**).
- Inoltre l'effetto può essere temporaneo o a lungo termine determinando l'**apprendimento** di una certa funzione o temporaneamente **decidendo** l'esecuzione di una funzione invece che un'altra.

# Memoria di lavoro e memoria a lungo termine

- Le funzioni prodotte dai neuroni sulla base dei segnali ionotropici non sono necessariamente quelli di una **macchina combinatoria** (che dipende cioè solo dai segnali in un certo istante), ma possono riprodurre quelli di una macchina dotata di **memoria**, cioè far dipendere l'elaborazione da una sequenza più o meno lunga di segnali nel tempo.
- In questo caso dei circuiti di retroazione utilizzano i tempi fisici della reazione ionotropica per creare circuiti chiusi che stabilizzano il segnale per un tempo necessario al suo utilizzo. Produrre queste stabilizzazioni del segnale richiede la creazione di un attrattore diverso (una sequenza diversa di neuroni che si attivano reciprocamente) a seconda del segnale in entrata (reti ricorrenti).
- Possiamo perciò considerare queste funzioni **ionotropiche** dei neuroni delle **memorie di lavoro** che memorizzano temporaneamente il segnale in attesa di altri segnali o integrando questo segnale ritardato con altri in tempo reale. Tipico di queste memorie è scomparire al cambiamento dell'assetto metabolico generale del cervello (ad es. sonno, traumi).
- Meccanismi **metabotropici** probabilmente impediscono al flusso del segnale di **modificare** continuamente lo stato delle memorie di lavoro per tutto il tempo necessario al suo utilizzo nella elaborazione ionotropica del segnale.
- Insomma qualcosa di analogo allo stato di oscillazione di una campana impedendo nuovi colpi di martello su di essa per il tempo deciso dal ritmo della musica.
- A determinare una **memoria** dei segnali **a lungo termine e persistente a cambiamenti di assetto metabolico generale** possono essere solo meccanismi **metabotropici**, che cambiando l'assetto funzionale generale facilitano la riproduzione di una certa configurazione ionotropica invece che un'altra in risposta a certi segnali.
- Non esiste probabilmente differenza tra memoria a lungo termine e apprendimento di nuove funzioni.
- Probabilmente sono alcune **aree del cervello che si specializzano a fornire memorie episodiche a lungo termine** del segnale ionotropico integrato del cervello come fosse l'apprendimento di una nuova forma di coordinamento dell'azione.

# Meccanismi tropici

- Gran parte dell'attività ionotropica e metabotropica è **topografica** cioè dipende dalla posizione del segnale chimico rispetto ai recettori.
- Quindi la posizione e la forma del neurone svolge un ruolo fondamentale rispetto alle funzioni che esegue e controlla.
- Si tratta di una **posizione relativa** ai neuroni che lo circondano.
- I meccanismi generali del tropismo dei neuroni, del loro movimento e della forma dei dendriti e degli assoni è oggetto di studio, ma come per altri meccanismi di tropismo cellulare è governata da segnali chimici e recettori.
- I segnali chimici durante la loro dispersione nello spazio intercellulare determinano un **gradiente di concentrazione** che indica una direzione tridimensionale del segnale che i **recettori tropici** trasformano in un segnale di crescita e spostamento.
- Cioè il segnale tropico naturalmente configura, attraverso la localizzazione dei recettori tropici, un'attività dentro la membrana cellulare del neurone che fornisce indicazioni sulla **direzione** di una attività metabolica di **accrescimento** della membrana e eventualmente di **contrazione** nella direzione opposta.
- Nel caso del cervello questo tropismo consentirà l'attivazione maggiore o minore di recettori ionotropici e metabotropici.
- Tutto ciò cambia l'assetto funzionale del cervello nella zona in cui ha agito il fenomeno tropico.
- **Ad avere un effetto tropico non sono solo i recettori tropici, ma anche le attività ionotropiche e metabotropiche.** Ciò avviene perché l'omeostasi di queste attività modifica sul lungo periodo la struttura e la stessa capacità di sopravvivenza del neurone.
- Probabilmente i neuroni con attività ridotta tendono a spostarsi o ad allungarsi dove è maggiore la presenza di segnali ionotropici e metabotropici.
- Perché si stabilizzi questa **omeostasi tropica** è però necessario che si collochino più rapidamente possibile i neuroni nella localizzazione che gli consentirà di sopravvivere e di svolgere le proprie funzioni. Questo per effetto dei segnali tropici (NGF) prodotti dagli stessi neuroni (o dalle cellule gliali) attivi in un certo momento in una certa zona.

# Connectoma statico e tropismo

- I recettori tropici che guidano la posizione e la forma dei neuroni sono particolarmente attivi nello **sviluppo cerebrale** permettendo la creazione di quel connectoma che consente l'apprendimento delle funzioni cerebrali.
- I fenomeni metabotropici e ionotropici presenti durante lo sviluppo sono essenziali per guidare l'azione tropica.
- È in questa fase che si creano una serie di **reazioni automatiche** e dei circuiti di controllo delle funzioni limbiche.
- Cioè i segnali enterocettivi prima e poi quelli percettivi e propriocettivi coordinano la crescita neurale e il contemporaneo apprendimento di quelle che chiameremo **reazioni automatiche**.
- Come avvenga tutto questo è ancora misterioso, ma è ciò che avviene a qualsiasi livello nella scala evolutiva.
- I recettori ionotropici e metabotropici sono essenziali ad attivare i meccanismi tropici e man mano la elaborazione dei segnali consente lo sviluppo tropico di altre parti del cervello.
- Certi fenomeni di questa crescita sono sbalorditivi come ad esempio la integrazione della visione binoculare o il legame intra-corticale tra i due emisferi.
- Probabilmente i segnali tropici e le prime attività sensoriali si **coordinano** senza sosta a partire da un insieme di regole semplici guidate dai recettori tropici.
- La diversità e l'intreccio di segnali tropici di diverso tipo capaci di produrre un connectoma funzionante hanno anche bisogno di meccanismi genetici molto sofisticati per **modulare la presenza di questi recettori** dei neuroni nelle varie parti del cervello. Si pensi ad esempio alla capacità di integrazione sensomotoria prodotta nel cervelletto per rendere possibile l'apprendimento della coordinazione di nuovi complessi movimenti.
- Come geneticamente questa orchestrazione tropica si sia evoluta è un'ulteriore mistero: essendo estremamente importante per la sopravvivenza, la selezione naturale deve aver bloccato una **rete genetica** estremamente delicata.
- Alla fine la **plasticità** prodotta dai recettori metabotropici si integra con quella prodotta da quelli tropici in un connectoma che costituisce una delle strutture più complesse dell'universo.

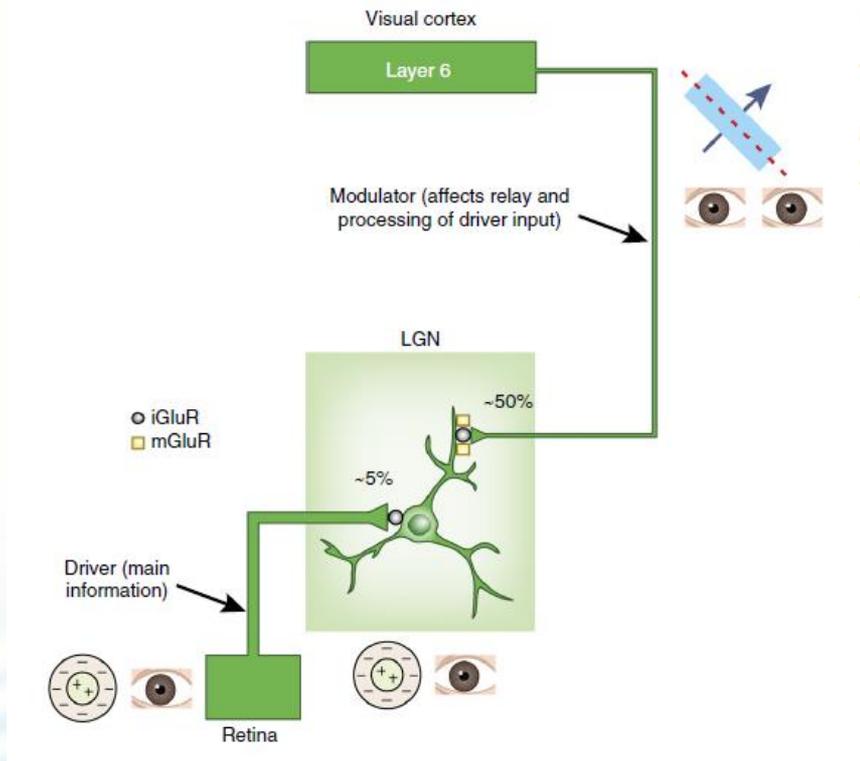
# Connectoma dinamico e metabotropismo

- **Apprendere** nuove funzioni e **ricordare episodi** a lungo termine è compito della regolazione metabotropica.
- Inoltre essa produce **flessibilità funzionale** nel **breve** periodo creando assetti funzionali completamente diversi e **reversibili**. Una specie di memoria di lavoro dovuta alla **forma funzionale** del cervello che è simile o forse identica a quella **memoria di lavoro** che permette la conservazione di segnali per permetterne l'elaborazione nel tempo.
- Cioè una configurazione di elaborazione del segnale è dal punto di vista della elaborazione delle informazioni identica ad una **memoria di lavoro utilizzata per selezionare un percorso funzionale** invece che un altro. Nella macchina di Von Newman ad esempio entrambe sono nella memoria RAM dove stanno **assieme dati e istruzioni** del calcolatore.
- La differenza rispetto ad un normale calcolatore è che in esso la memoria di lavoro viene essenzialmente utilizzata per consentire l'applicazione di una **sequenza** di istruzioni, mentre nel cervello i segnali contenuti nella memoria di lavoro sono elaborati in **parallelo** alla elaborazione dei segnali attuali.
- Le capacità di calcolo di un approccio sequenziale e parallelo sono le medesime, cambia l'architettura perché la funzione principale del cervello è elaborare contemporaneamente i diversi segnali presenti per un certo periodo di tempo.
- La profondità del **tempo di integrazione** dipende dalla funzione che si vuole realizzare e dalla disponibilità di molteplici azioni che devono essere svolte contemporaneamente. In ogni caso queste azioni svolte in parallelo permettono frequentemente un cambiamento dello stato del corpo della sua **posizione** (il contesto).
- Questi cambiamenti di stato e di posizione richiedono in sequenza la selezione di un **nuovo assetto** funzionale del cervello.
- Tipicamente possiamo dire che l'azione **ionotropica** svolge la sua funzione in modo **parallelo**, mentre quella **metabotropica** cambia l'azione ionotropica in modo **sequenziale** cambiando dinamicamente il connectoma tra un assetto funzionale e l'altro. Le azioni coordinate sul lungo periodo (**pianificazione**) richiedono perciò la memorizzazione in un certo istante di **diverse configurazioni metabotropiche** di breve durata attraverso meccanismi, necessariamente metabotropici o di plasticità transitoria da essi indotti, di periodo maggiore e che sono tutti da scoprire.

# Stabilità e robustezza dell'intelligenza naturale

- Quanto abbiamo visto sui meccanismi recettivi in atto nel cervello è essenzialmente riassumibile in questo:
  - **La natura parallela delle interazioni del corpo con il mondo viene affrontata attraverso rapidi meccanismi ionotropici nel cervello che trasformano una serie di segnali fisici in azioni fisiche sul mondo**
  - **Questi meccanismi ionotropici vengono selezionati e cambiati nel tempo da meccanismi metabotropici in funzione dei segnali stessi e delle esperienze vissute dal corpo nella relazione tra azione e segnali.**
  - **Il costituirsi di questa rete flessibile di comportamenti nasce durante lo sviluppo per effetti tropici che localizzano funzioni ionotropiche e metabotropiche sul substrato cellulare in crescita.**
- In questo percorso il fattore **tempo** è essenziale per produrre stabilità e robustezza d'uso dell'intelligenza naturale che si costituisce e che si mette a disposizione del corpo per la sua sopravvivenza.
- Nel caso degli esseri umani (ma anche dei mammiferi, degli uccelli (e degli insetti eusociali)) è essenziale che certe fasi di sviluppo del cervello siano **protette** e alimentate da forme di comportamento sociale.
- In questo caso la robustezza del cervello non è garantita senza il contesto sociale di **allevamento** della discendenza.
- Proprio in queste fasi più delicate dello sviluppo cerebrale si realizzano quelle forme di apprendimento iniziale che producono, necessariamente, **reazioni automatiche** del cervello che rimarranno tutta la vita.
- La **rottura** di questo equilibrio sociale avviene necessariamente al momento della necessità di creare, alimentare e proteggere nuovi individui (non negli insetti eusociali dove vengono selezionati alcuni individui a questo scopo).
- La necessità di questi **due diversi tipi di ruolo sociale** in uno stesso individuo (**allevato e allevante**) complica ulteriormente la creazione del connectoma statico iniziale che deve avere strutture di elaborazione automatica del segnale che si attivano alla fine dello sviluppo (ad esempio con la **mielinizzazione**) e che sono necessariamente disattivate nella prima fase.
- Tutto ciò ha richiesto **centinaia di milioni di anni di selezione naturale** degli opportuni meccanismi genetici.

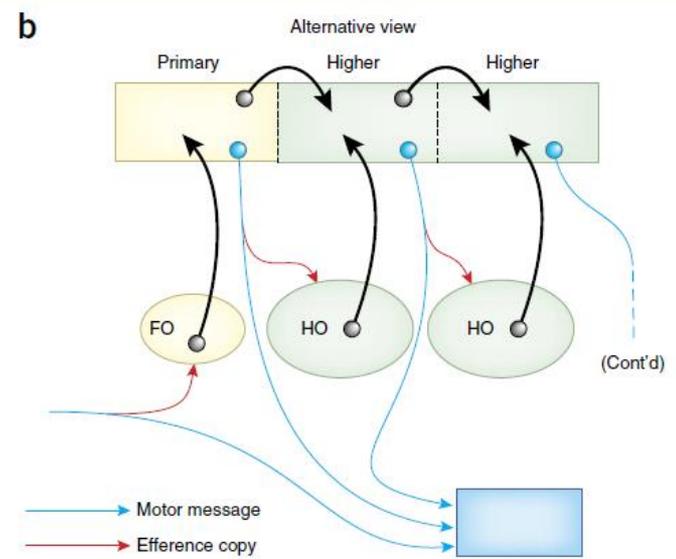
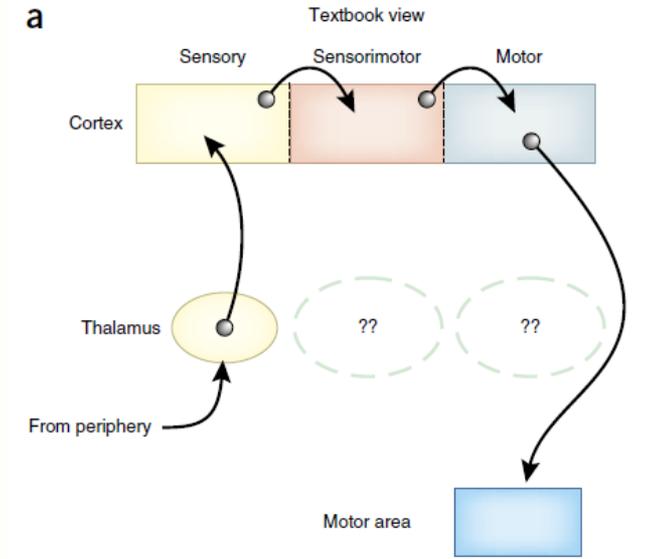
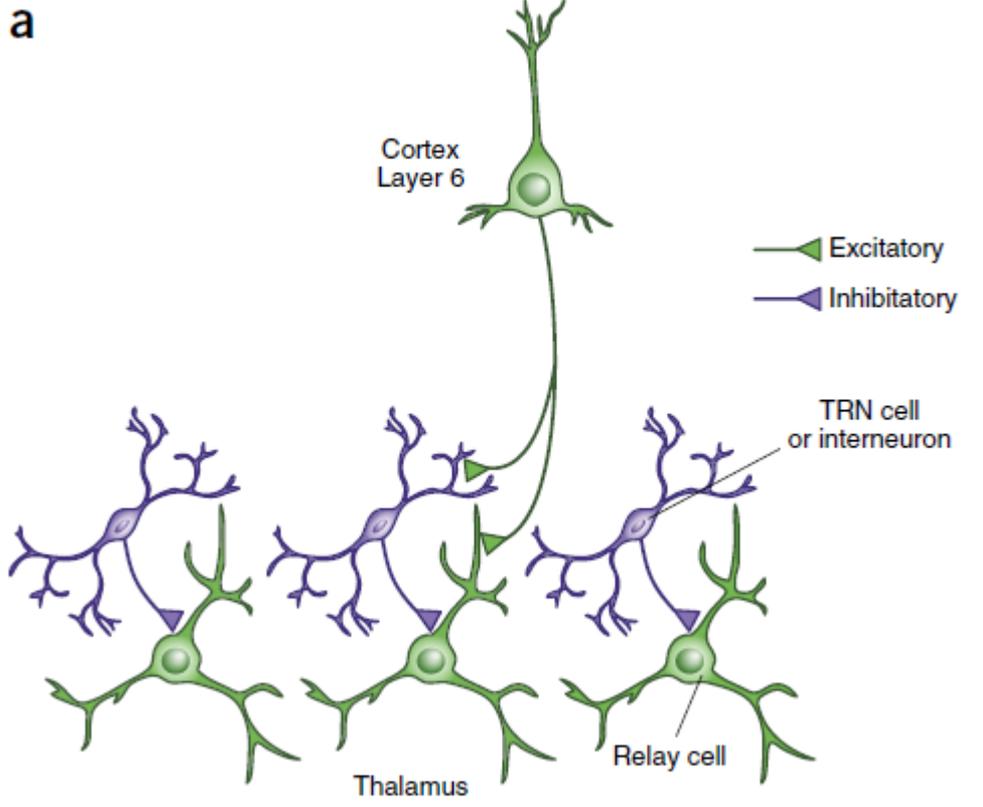
# Ruolo metabotropico del talamo



**Figure 1** Glutamatergic drivers and modulators in the lateral geniculate nucleus (LGN) showing inputs to geniculate relay cells. As indicated in **Table 1**, the driver (retinal) input has thicker axons, has larger terminals, innervates more proximal dendrites and activates only ionotropic glutamate receptors (iGluRs). The modulator (cortical) input also activates metabotropic glutamate receptors (mGluRs). Retinal inputs, which comprise ~5% of synapses on these cells, have center-surround, monocularly driven receptive fields that closely resemble those of the relay cells. Layer 6 cortical inputs, which comprise ~50% of the synapses, have complex, binocularly driven receptive fields that are quite different from those of the relay cells.

Sherman, S.M. (2016). Thalamus plays a central role in ongoing cortical functioning. *Nature Neuroscience* 16, 533–541.

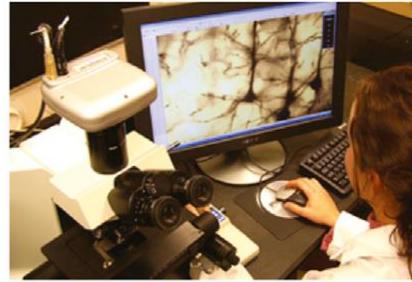
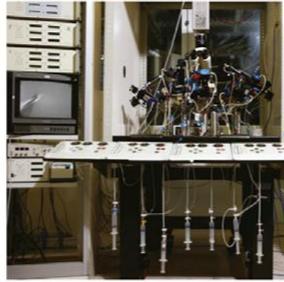
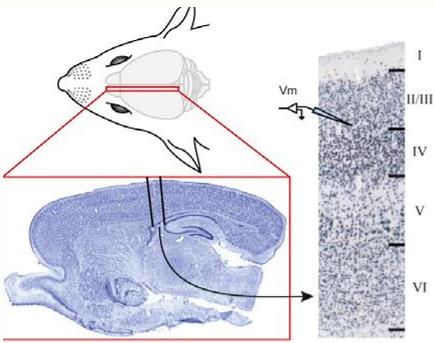
# Rete ionotropica e coordinamento motorio



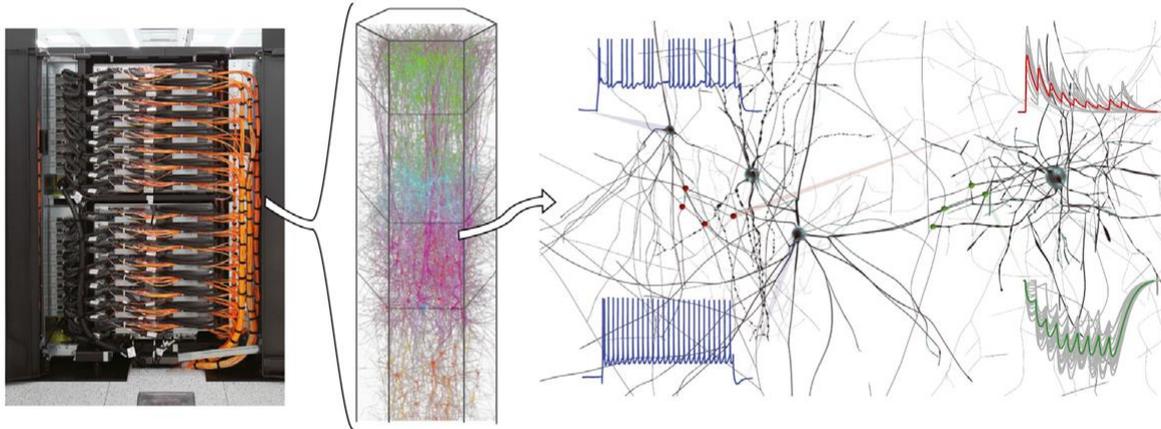
# Stato dell'arte sull'intelligenza naturale

- In questo momento dello sviluppo scientifico delle neuroscienze la mole di dati raccolta e il numero di pubblicazioni ad esse correlate è incredibilmente ampia. (decine di migliaia di pubblicazioni ogni anno usando come riferimento Google Scholar)
- Tantissime sono le ipotesi e i modelli di **spiegazione generale** dei risultati finora ottenuti riguardo al funzionamento, l'apprendimento e lo sviluppo dell'intelligenza naturale. Il fatto che esistano tante ipotesi concorrenti significa che i dati sono ancora troppo pochi rispetto alla complessità del fenomeno e che quindi possono corrispondere a **molte spiegazioni tra di loro compatibili**. Questo forse succede perché lo sforzo dei singoli ricercatori o dei gruppi di ricerca è sempre più concentrato su una **selezione** di informazioni o obiettivi sperimentali che sembra essere promettente per fornire dati rispetto al modello di interpretazione usato e non a tutti i possibili modelli interpretativi. Difficoltà esistono anche nel condividere strumenti matematici complessi per impostare le sperimentazioni e valutarne i risultati. Anche questi passaggi **incrementali**, seppure dominanti se si vedono le poche citazioni delle decine di migliaia di articoli, soffrono della difficoltà di non **replicarsi indipendentemente**. Si veda su questi aspetti:
- *Button, K.S., Ioannidis, J.P.A., Mokrysz, C., Nosek, B.A., Flint, J., Robinson, E.S.J., and Munafò, M.R. (2013). Power failure: why small sample size undermines the reliability of neuroscience. Nat Rev Neurosci 14, 365–376.*
- Probabilmente lo sviluppo di una teoria generale del cervello, un'ipotesi generale dominante simile a quanto accade in altri settori scientifici (anche nelle scienze della vita con il genoma), si sta addirittura allontanando piuttosto che avvicinarsi. Lo stesso apparato disponibile sembra superare le capacità della nostra intelligenza naturale... Forse è adatta solo ad una intelligenza artificiale come Watson di IBM?
- *Chen, Y., Elenee Argentinis, J., and Weber, G. (2016). IBM Watson: How Cognitive Computing Can Be Applied to Big Data Challenges in Life Sciences Research. Clinical Therapeutics 38, 688–701.*
- Anche per Watson, però, ogni contributo di sperimentazione deve essere integrabile agli altri. Ciò può avvenire solo perché usa una medesima **ontologia**, un **comune spazio (topografico, cellulare e biochimico) di inserimento del dato funzionale** che per ora è molto distante (ammesso che sia fattibile).

## Acquiring experimental data



*In silico* reconstruction of cellular, and synaptic anatomy and physiology



Simulation revealed a spectrum of activity states

*In silico* predictions for the *in vivo* state



## Blue Brain Project

Markram, H., Muller, E., Ramaswamy, S., Reimann, M.W., Abdellah, M., Sanchez, C.A., Ailamaki, A., Alonso-Nanclares, L., Antille, N., Arsever, S., et al. (2015). Reconstruction and Simulation of Neocortical Microcircuitry. *Cell* 163, 456–492.



Consiglio Nazionale delle Ricerche



**ISTITUTO DI NEUROSCIENZE**



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



## **Gioco d'Azzardo Patologico-GAP**

dalla Neurobiologia Sperimentale alla Clinica

Bologna, giovedì 26 Gennaio 2017

1. I Modelli di Deep Learning supervisionato e non supervisionato: la singolarità si avvicina
2. I Limiti del Deep Learning: la mancanza di generalità e l'apprendimento catastrofico
3. Il Modello Luoglo: prevedere il segnale prodotto dall'azione dinamica del corpo sulla realtà
4. La rappresentazione funzionale del segnale: rendere statico ciò che è dinamico
5. L'apprendimento della rappresentazione funzionale dell'azione: plasticità hebbiana
6. La gerarchia delle azioni e la gerarchia dell'apprendimento: dal movimento al pensiero e viceversa
7. Il moto browniano: l'esplorazione dello spazio delle azioni nel tempo

# **INTELLIGENZA ARTIFICIALE**

# Intelligenza Artificiale

- La riproduzione su **calcolatore** di funzioni complesse del cervello è una **storia recente** ed in corso di evoluzione.
- Nel contempo noi da sempre abbiamo metodi di **insegnamento** di queste abilità ad altri individui. Anche in questi casi la interazione con l'altro è **artificiale**, cioè usiamo degli artifici fatti da noi per istruire e misurare dei risultati.
- Quello che cambia con l'intelligenza artificiale sul calcolatore è che conosciamo il **procedimento** con cui questa capacità si crea nella macchina. Per gli altri e per noi intelligenze naturali tutto quanto avviene nel modo **misterioso** e complesso di cui abbiamo cercato di illustrare le premesse.
- Quando ad esempio impariamo ad andare in bicicletta o a giocare ad un videogame lo facciamo sulla base di istruzioni verbali o scritte sul significato dei comandi, sul risultato da ottenere e poi sperimentando con un oggetto concreto.
- Gli attuali sistemi di **deep learning** hanno dimostrato le nostre stesse abilità nei videogame (e in tanti altri contesti) dove le istruzioni preliminari sono cablate dalla forma dell'input e degli output della elaborazione, ma sarebbe abbastanza semplice fornire ad essi istruzioni in forma verbale o scritta. Quindi in questi casi nulla di diverso dal nostro modo «naturale» di istruire.
- Inoltre una volta appreso un videogame l'apprendimento di un secondo gioco in una stessa Intelligenza Artificiale cancella molte delle abilità precedenti provocando quello che viene chiamato un **apprendimento catastrofico** (Catastrophic Learning/Forgetting/Interference).
- Il problema non sarebbe così importante se non fosse così **faticoso** e quindi **costoso** per l'industria definire in forma precisa gli artifici necessari all'istruzione di una AI.
- Vogliamo cioè, in questa fase della nostra crescita sociale ed economica, che **sia l'AI stessa a capire quali sono le informazioni necessarie per un certo obiettivo**. Una funzione che **deve integrare** i risultati di precedenti attività di apprendimento in una qualche forma di **apprendimento generalizzato**.

## Il passaggio ad una intelligenza artificiale in senso evolutivo

- Tutti i **vincoli funzionali** che abbiamo visto hanno portato alla creazione di un cervello con le caratteristiche strutturali descritte.
- Molti di questi vincoli possono essere tolti nella realizzazione di una **intelligenza artificiale**. Cioè di un meccanismo fisico in grado di elaborare il legame tra azioni e segnali con un determinato **scopo**.
- In essa non possiamo però riprodurre l'intelligenza naturale perché essa ha essenzialmente lo scopo di garantire il proprio **successo riproduttivo** in un certo ambiente naturale e sociale, cioè la conservazione del corredo genetico che ha prodotto il corpo in cui è racchiusa.
- A guidare gli esseri umani nel creare l'intelligenza artificiale è perciò la conservazione del corredo genetico che ci ha permesso socialmente di arrivare a costruire l'intelligenza artificiale (o di pensare di costruirla).
- Questo è lo stesso scopo che assegniamo all'intelligenza artificiale: **aiutarci nel conservare noi stessi**.
- Possiamo anche culturalmente pensare che il nostro scopo sia quello di **conservare una serie di abilità funzionali** di reazione a dei segnali complessi, come ad esempio quelli che servono, in ultima analisi, a rappresentare e a realizzare col **linguaggio** queste abilità funzionali nel mondo. Cioè potremmo pensare di passare queste abilità ad una nuova forma di corredo genetico funzionante su un **substrato** diverso da quello cellulare che ci ha consentito di arrivare fino a qua.
- Ma il passaggio potrà avvenire solo se i meccanismi funzionali di questo substrato saranno sufficientemente robusti e flessibili per consentire un loro autonomo sviluppo e **selezione** in un ambiente sociale come il nostro (o il loro).
- Garantire questa possibilità all'intelligenza artificiale è estremamente difficile, perché dovremmo dare ad essa possibilità di **selezione naturale anche in nostra assenza** e con livelli di controllo del mondo (e quindi delle forze di selezione e miglioramento sempre minori) analoghe alle nostre. Il rischio di creare un nuovo e enorme e **statico parassita** delle risorse del pianeta è reale, lo sono stati i procarioti che hanno portato alla catastrofe dell'ossigeno o ... noi stessi.

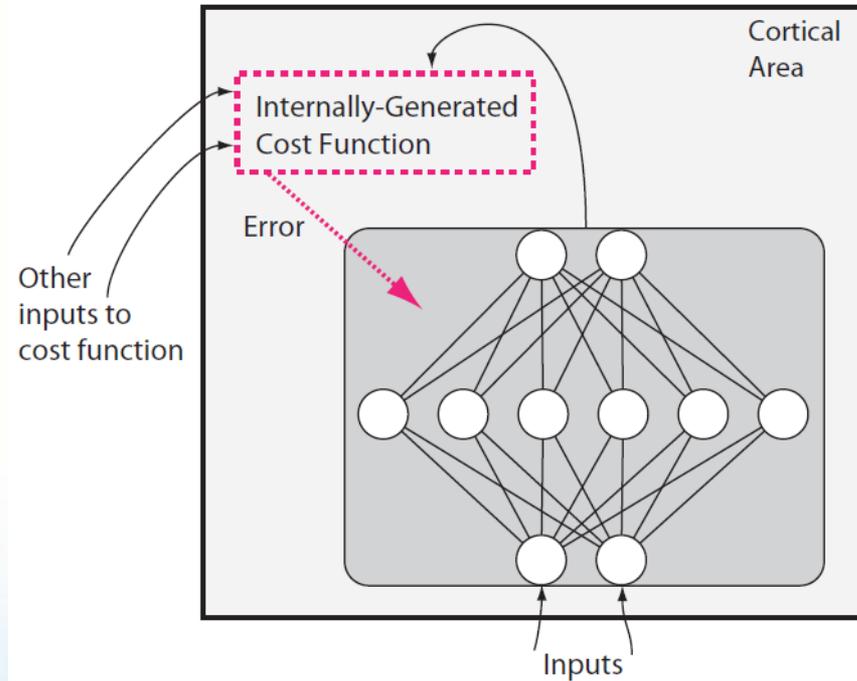
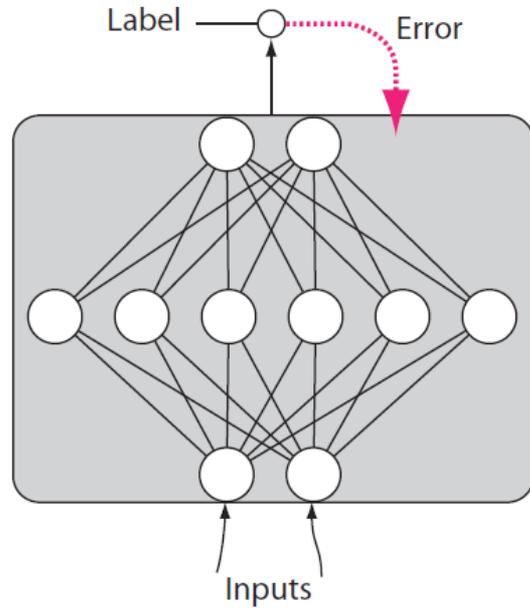
# Ecologia dell'intelligenza artificiale

- Insomma il processo di **istruzione** di una intelligenza artificiale ha ancora parecchi limiti e vedremo come questi limiti si possano superare studiando il cervello.
- Quello che però ci interessa in questo momento è il come stiamo interagendo con le forme di intelligenza artificiale che abbiamo fino ad ora costruito: esse sono essenzialmente degli **allievi addestrati ad uno scopo specifico** per sostituire i servizi di un essere umano:
  - Il riconoscimento dei numeri scritti a mano, di volti, espressioni o di oggetti
  - La guida automatica su di una strada
  - Il riconoscimento della voce e la sua traduzione in forma scritta
  - La traduzione tra lingue diverse
  - Giocatori di tutti i tipi
  - L'articolazione di movimenti complessi nei robot
  - Sistemi di sicurezza, di ottimizzazione dei processi, di diagnosi medica, di consulenza legale, di trading ...
- Insomma **stiamo istruendo strumenti**, più o meno come facevamo con gli esseri umani, per svolgere attività note (servizi) in cui le informazioni a disposizione e i risultati da ottenere sono ben definibili.
- Gli **investimenti** hanno lo scopo di poter riprodurre in modo economico questi servizi da parte di calcolatori sempre più economici e potenti.
- Il principale vantaggio è che i calcolatori possono svolgere queste attività al posto di migliaia di esseri umani con costi maggiori nella fase di istruzione e **costi minori nella fase di esecuzione** del compito appreso.
- L'intelligenza artificiale sta crescendo in questo momento perché i **costi dell'istruzione** sono diminuiti enormemente negli ultimi anni con la disponibilità potentissimi sistemi di calcolo presso le principali compagnie di servizi informatici.

# Caratteristiche principali del deep learning

- **Non vi sono state evoluzioni** particolari negli **algoritmi** di apprendimento e i limiti e le potenzialità dei vari procedimenti sono noti da tempo.
- Quella che è cambiata è la possibilità di **ottimizzare** automaticamente i **parametri** dei modelli di apprendimento adeguandosi alle caratteristiche e alle specificità statistiche del problema. I parametri sono ad esempio il numero di neuroni in uno strato, il numero di strati, la matrice di calcolo che cambia alcune parti dello spazio degli ingressi (**convoluzioni**) ecc.
- Mentre in precedenza i parametri di una rete neurale a molti strati erano un'arte completamente **manuale** ora è possibile esplorare lo spazio dei parametri evolvendoli fino a trovare quella **configurazione** che consente di risolvere il problema. Questo richiede milioni di sequenze di apprendimento che vengono ripetute alla **ricerca automatica** della migliore configurazione.
- Non si tratta di veri e propri algoritmi genetici, anche se alcuni sistemi di deep learning li usano, ma di tecniche di **discesa a passi** verso dei **punti ottimali dei parametri**.
- Gli algoritmi di apprendimento più semplici si rivelano ancora quelli più efficaci come la **back-propagation** che cambia il valore dei pesi dei segnali in funzione dell'errore che hanno provocato nell'output **rispetto a dei risultati desiderati**.
- In molti casi possiamo anche fare a meno di fornire una sequenza di risultati desiderati con cui rivelare l'errore (apprendimento **supervisionato**): possiamo usare altri **obiettivi** come ad esempio una funzione di costo o di utilità del sistema che stiamo facendo apprendere (in modo **non supervisionato**).
- Tutto ciò è possibile solo ora con i livelli attuali di **costo delle capacità di calcolo**.
- Quindi abbiamo semplicemente utilizzato qualcosa di disponibile in termini di conoscenza sui processi di **machine learning e di capacità di calcolo** per sostituire servizi prima erogati da esseri umani nei quali il processo in atto era soprattutto quello della esecuzione del servizio con **input e output definiti**.

# Differenza tra apprendimento supervisionato e non supervisionato

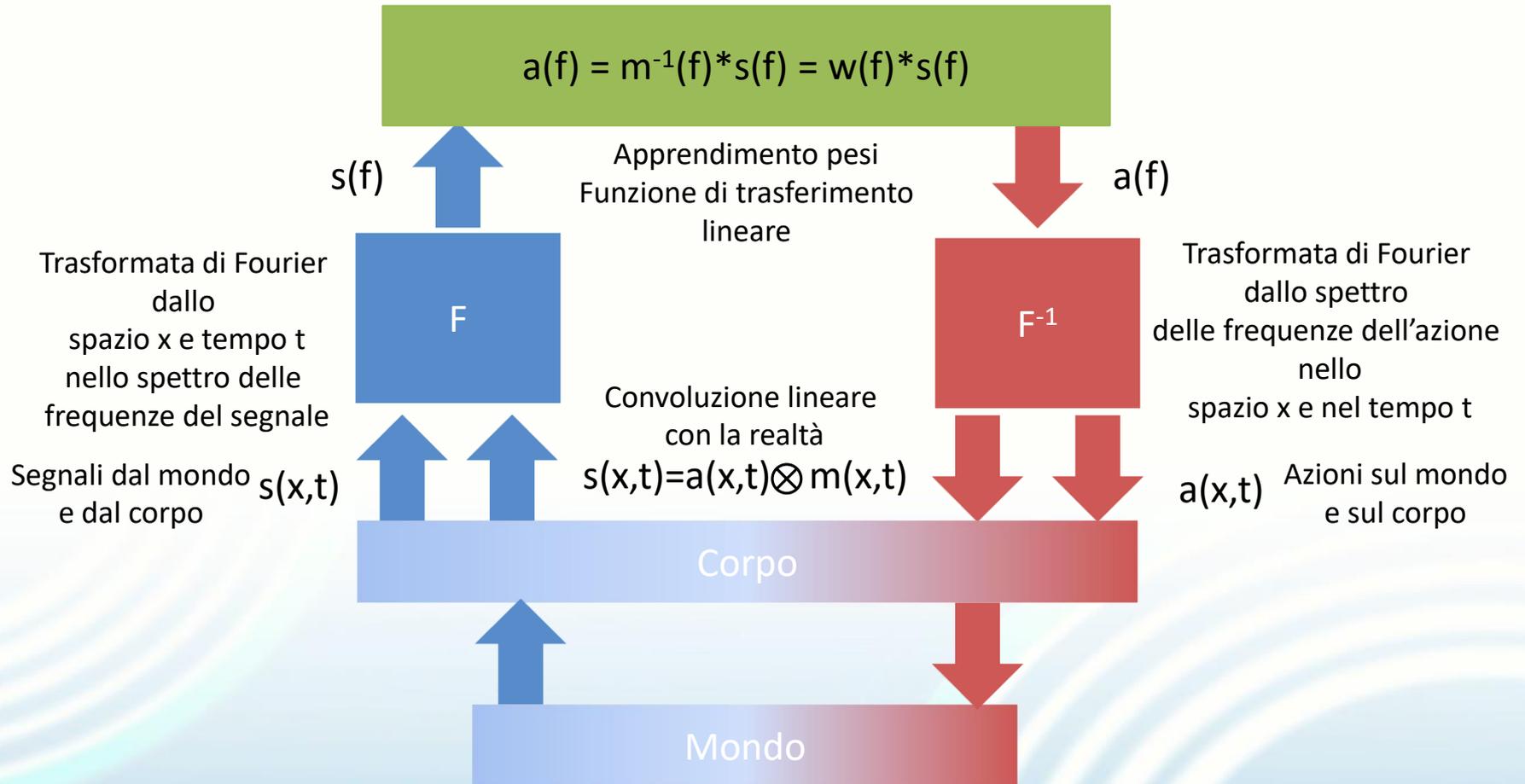


Marblestone, A., Wayne, G., and Kording, K. (2016). Towards an integration of deep learning and neuroscience. arXiv Preprint arXiv:1606.03813.

## Luoglo in sintesi

- Il modello Luoglo permette di sviluppare gradualmente una serie di risposte automatiche ad una serie di integrazioni di segnali coerenti nel tempo con l'azione.
- Cioè l'architettura di Luoglo può essere appresa gradualmente creando una serie di abilità di base che vengono utilizzate a livello superiore, **man mano che avviene lo sviluppo**.
- Il sistema di selezione di alcuni percorsi indiretti per un **controllo della varianza** (talamo nel cervello) permette di connettere solo ciò che è necessario per un determinato scopo. Alcune connessioni tutti con tutti vanno perse con questo meccanismo creando le basi dell'apprendimento delle reazioni automatiche.
- L'addestramento motorio e sensomotorio, enterocettivo e propriocettivo si stabilizza in tutta una serie di funzioni di base che sono la premessa di integrazioni di livello man mano più elevato.
- Luoglo permette di auto-percepire l'azione dei controlli di tipo più elevato producendo una **teoria della mente**. Su questa autovalutazione cognitiva è possibile porre le basi del linguaggio come **differenza** rispetto al flusso delle azioni in corso. Il significato delle **rappresentazioni funzionali** viene deciso dalle conseguenze fisiche di azioni e segnali che esse producono quando sono coerenti con i meccanismi di risposta automatica
- L'accumularsi di esempi ad alto livello di rappresentazioni funzionali coerenti e socialmente condivise permette una loro elaborazione coerente in un certo contesto deciso da connessioni corticali-talamiche-corticali ad alto livello.
- Vi è coerenza di ciò con il concetto di **incremento di una ontologia**: le aperture del talamo sono il **significante** una forma di rappresentazione simbolica il cui **significato** sta nella differenza rispetto ad una serie di reazioni automatiche/abitudini condivise che non avrebbero bisogno del linguaggio per essere eseguite
- Anche questi livelli di coerenza/incoerenza vengono auto-percepiti come rapidità/ritardo nel flusso di azione e rappresentano la **differenza di complessità** delle ontologie socialmente condivise rispetto a quelle individualmente apprese
- I livelli successivi di elaborazione coerente di attività di elaborazione di questi contesti permette associazioni ed analogie sempre più complesse (coerentemente ad un modello di **conceptual blending**)

# Modello di calcolo base di Luoglo



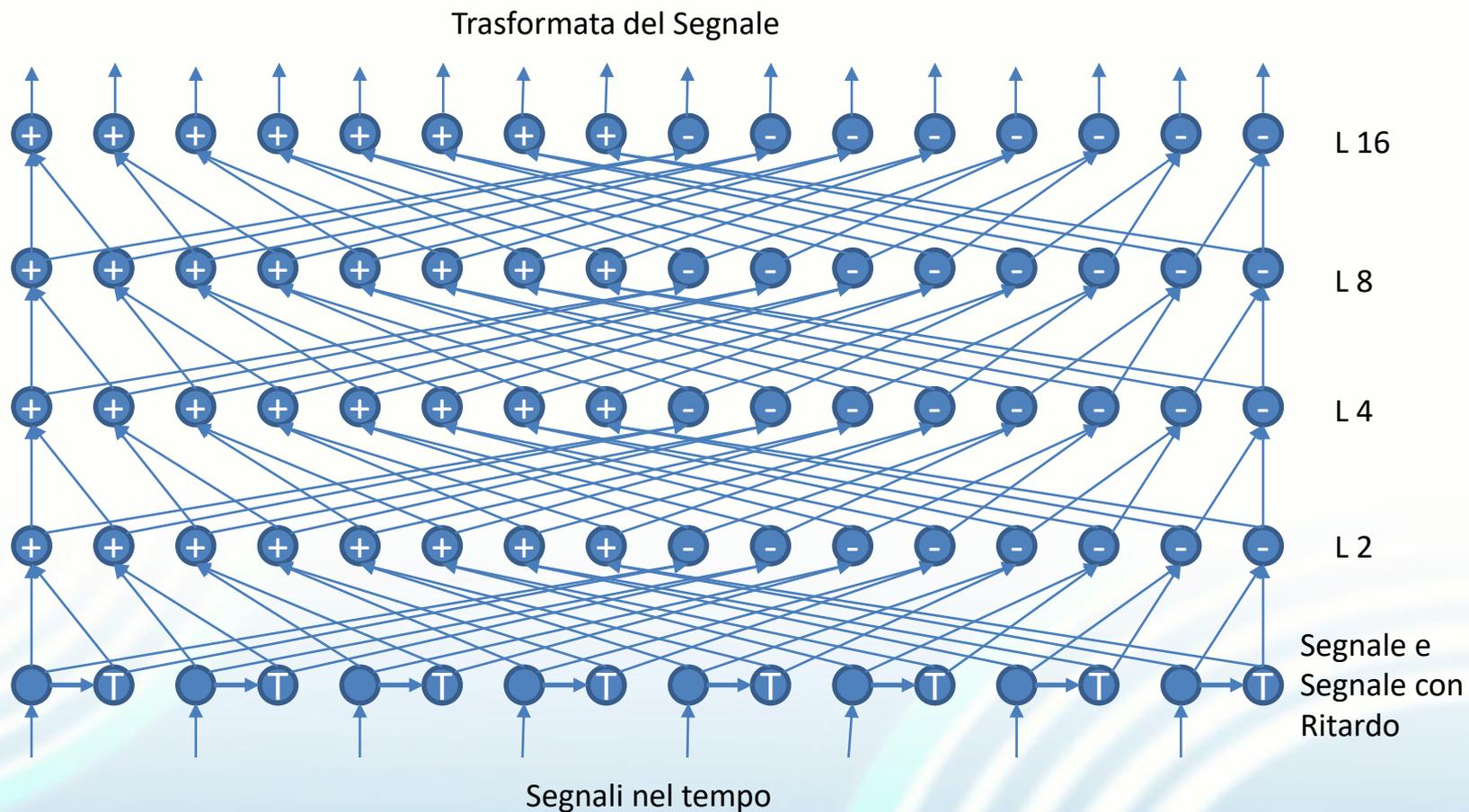
# Le basi concettuali di Luoglo

- L'ipotesi di fondo del modello del cervello che proponiamo è che:
  - Le azioni nel tempo che il cervello decide di eseguire hanno effetti nel tempo sul corpo e sul mondo
  - I segnali che riceve il cervello nel tempo provengono dal corpo e indirettamente attraverso il corpo dal mondo
  - Una parte di questi segnali sono provocati indirettamente dall'effetto delle azioni del cervello sul corpo
- **Il cervello ha il compito di comprendere come le azioni che produce sono legate ai segnali che riceve**
- Questo legame è una rappresentazione del modo con cui il mondo risponde alle azioni
- La reazione del mondo alle azioni cambia dinamicamente nello spazio e nel tempo secondo le leggi della natura e la struttura del mondo che viene incontrato dal corpo.
- Molte parti del mondo sono sistemi dinamici **lineari**. I sistemi dinamici lineari sono quelli in cui l'ampiezza dei fenomeni non cambia la legge di funzionamento (un calcio ad una palla che non rompa la palla conserva le caratteristiche della palla per successivi calci).
- Un sistema dinamico **non lineare** può essere approssimato attraverso la rappresentazione di diversi sistemi lineari (la palla integra e la palla rotta).
- Possiamo pensare a questo legame tra azioni e segnali come ad una **convoluzione** del mondo sulle azioni, cioè un segnale in un certo punto dello spazio e in un certo istante è dato alla integrazione di tutti i possibili effetti nello spazio e nel tempo delle azioni e del mondo in posizioni vicine alla posizione del segnale e in tempi di poco precedenti all'istante in cui si ottiene il segnale.
- L'esplorazione dell'effetto delle azioni sul segnale definisce anche lo **spazio di sopravvivenza** del cervello, cioè **solo se sopravvivo all'azione che ho compiuto posso vedere il segnale che produce ed impararne il legame**.
- Una serie di vincoli evolutivi al cervello lo porta a fare azioni che ne **migliorano le possibilità di sopravvivenza** fin dove i vincoli evolutivi precedenti gli hanno permesso di sopravvivere e sviluppare nuovi vincoli sulla base dei precedenti.

# Le rappresentazioni funzionali

- Nei **sistemi di controllo** la dinamica dei segnali e delle azioni viene rappresentata in forma statica attraverso le **trasformate di Fourier**. Essa non è altro che una scomposizione del segnale nel tempo e nello spazio in tante componenti cicliche con una certa frequenza.
- La **rappresentazione** del segnale e della azione diviene quindi statica per un certo tempo. Statico, in questo tempo, sarà il legame tra di loro.
- Le azioni sono ottenute dai segnali attraverso una **funzione di trasferimento** statica del segnale. La rappresentazione del mondo diviene quindi statica per un certo periodo.
- Nei sistemi dinamici **lineari** le funzioni di trasferimento sono delle moltiplicazioni: ogni componente ciclica del segnale viene moltiplicata per un fattore costante per ottenere l'azione.
- Quindi le trasformate di Fourier sono un metodo di calcolo che trasforma complesse convoluzioni in semplici moltiplicazioni.
- **La nostra ipotesi di fondo è che il cervello esegua Trasformate di Fourier** del segnale per produrre rappresentazioni che poi apprende come trasformare nelle azioni che hanno provocato il segnale (la sua rappresentazione).
- Questo processo di trasformazione integra nello spazio e nel tempo i segnali scoprendone le ciclicità di base.
- Una delle proprietà delle trasformazioni di Fourier è che esse possono essere utilizzate in sequenza sulle varie dimensioni spaziali e temporali.
- La seconda importante proprietà delle trasformate di Fourier è che se applicate al risultato di una trasformazione producono il segnale originale. Quindi le trasformate di Fourier vengono utilizzate per trasformare le rappresentazioni dell'azione in una azione dinamica nello spazio e nel tempo. Statisticamente **i coefficienti della trasformata sono la varianza del segnale**.
- *La dinamica dei segnali al cervello, che è essenzialmente seguita dai processi ionotropici di trasformazione, sfrutta processi metabotropici per l'apprendimento della funzione di trasferimento lungo un percorso di sviluppo tropico a successivi livelli di integrazione tra segnale ed azione.*

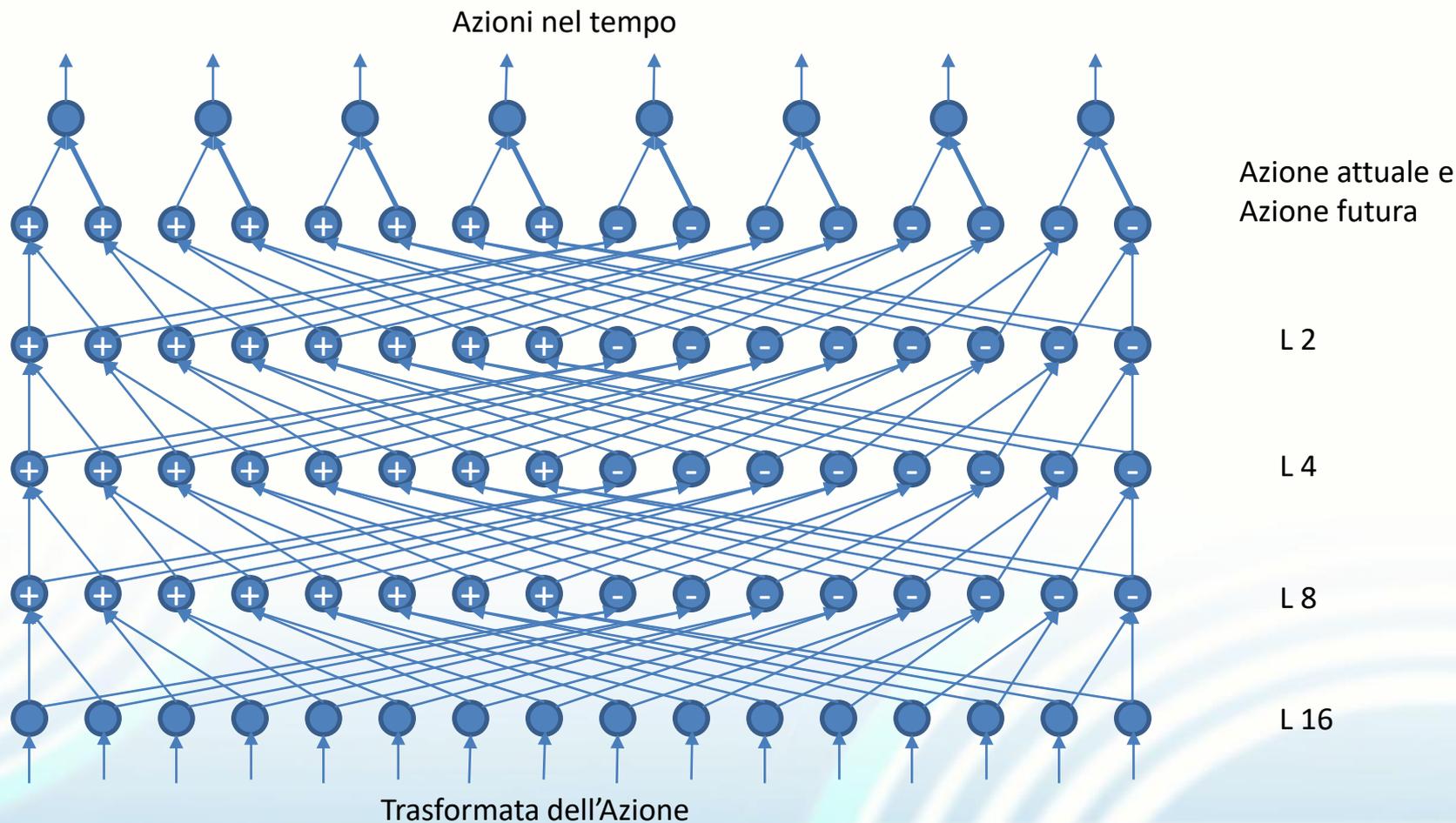
# Uno strato di Luoglo per i segnali



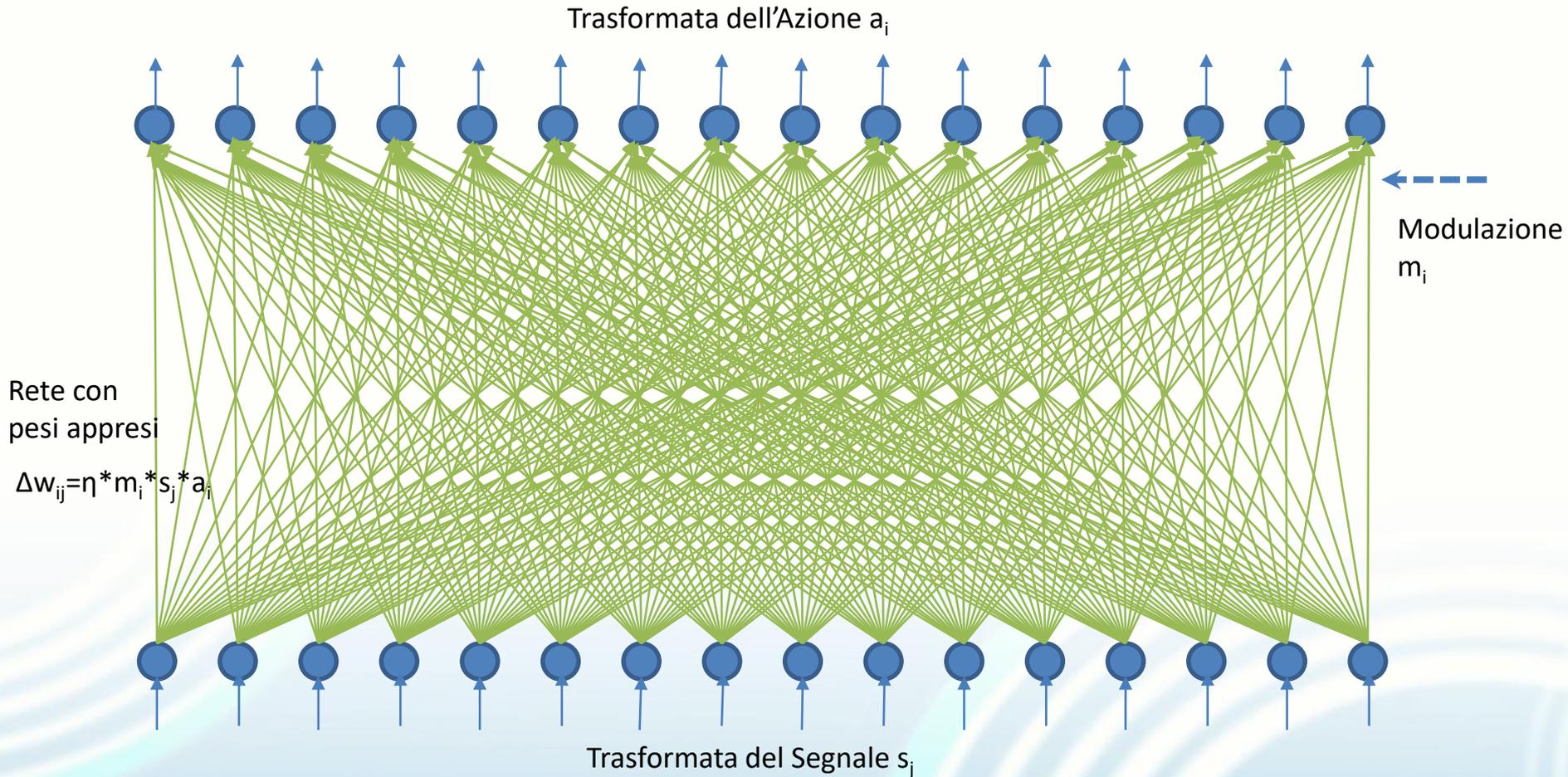
# Segnali nel tempo e loro rappresentazione funzionale

- Luoglo si basa su una serie di **Trasformazioni di Fourier** che producono una rappresentazione funzionale dei segnali nel tempo
- Le **Trasformate di Fourier** servono essenzialmente a trovare **componenti ripetitive** nel tempo e nello spazio in un certo segnale
- Ogni segnale nello spazio e nel tempo può essere ridotto a somme di **cicli** con certe frequenze in una sequenza esponenziale (come nelle note musicali). Conoscendo l'ampiezza e la fase di questi cicli di base è possibile rappresentare qualsiasi segnale.
- Viceversa, sempre applicando una Trasformata di Fourier, è possibile trasformare dei cicli in segnali di qualsiasi forma.
- Nei processi dinamici come quelli in cui è immerso il cervello i segnali che arrivano devono essere trasformati in azioni.
- Questa operazione di **trasformazione del segnale in azione** può avvenire associando le ciclicità dei segnali in ciclicità delle azioni. Potremmo dire che per tutta una categoria di segnali e di azioni la funzione di trasferimento è una trasformazione lineare dei cicli dei segnali in cicli delle azioni.
- Per eseguire la trasformazione dei segnali nello spazio e nel tempo ci basta eseguire in sequenza delle somme e delle differenze tra segnali vicini nello spazio e nel tempo
- **Plausibilità neurale delle trasformate**: l'esecuzione di questa sequenza di somme e sottrazioni, secondo noi, nel cervello è eseguita da neuroni (**interneuroni**) che hanno pochi ingressi e capacità inibitorie ed eccitatorie. I processi tropici del cervello creano strati di questi interneuroni alternativamente eccitatori e inibitori con la funzione di rilevare le ciclicità dei segnali. Il numero di strati può essere controllato dinamicamente dalle omeostasi metaboliche del cervello (**dopamina/serotonina?**).
- Per trasformare le ciclicità dei segnali in ciclicità delle azioni basta applicare strati analoghi: vari strati di interneuroni producono azioni nello spazio e nel tempo a partire dalla ciclicità dei segnali.
- Il **vantaggio** di tutto questo è che la rappresentazione in cicli del segnale può essere **approssimata con molta precisione** usando pochi cicli di base.

# Uno strato di Luoglo per le azioni



# Rete di apprendimento



## Quale modulazione?

- La modulazione è ciò che consente di **apprendere** alla rete di connessione tra segnale ed azione
- Vi possono essere modulazioni definite geneticamente e modulazioni effetto di un processo generale di omeostasi del processo di apprendimento.
- La modulazione più semplice che si può introdurre è quella di **Oja**:

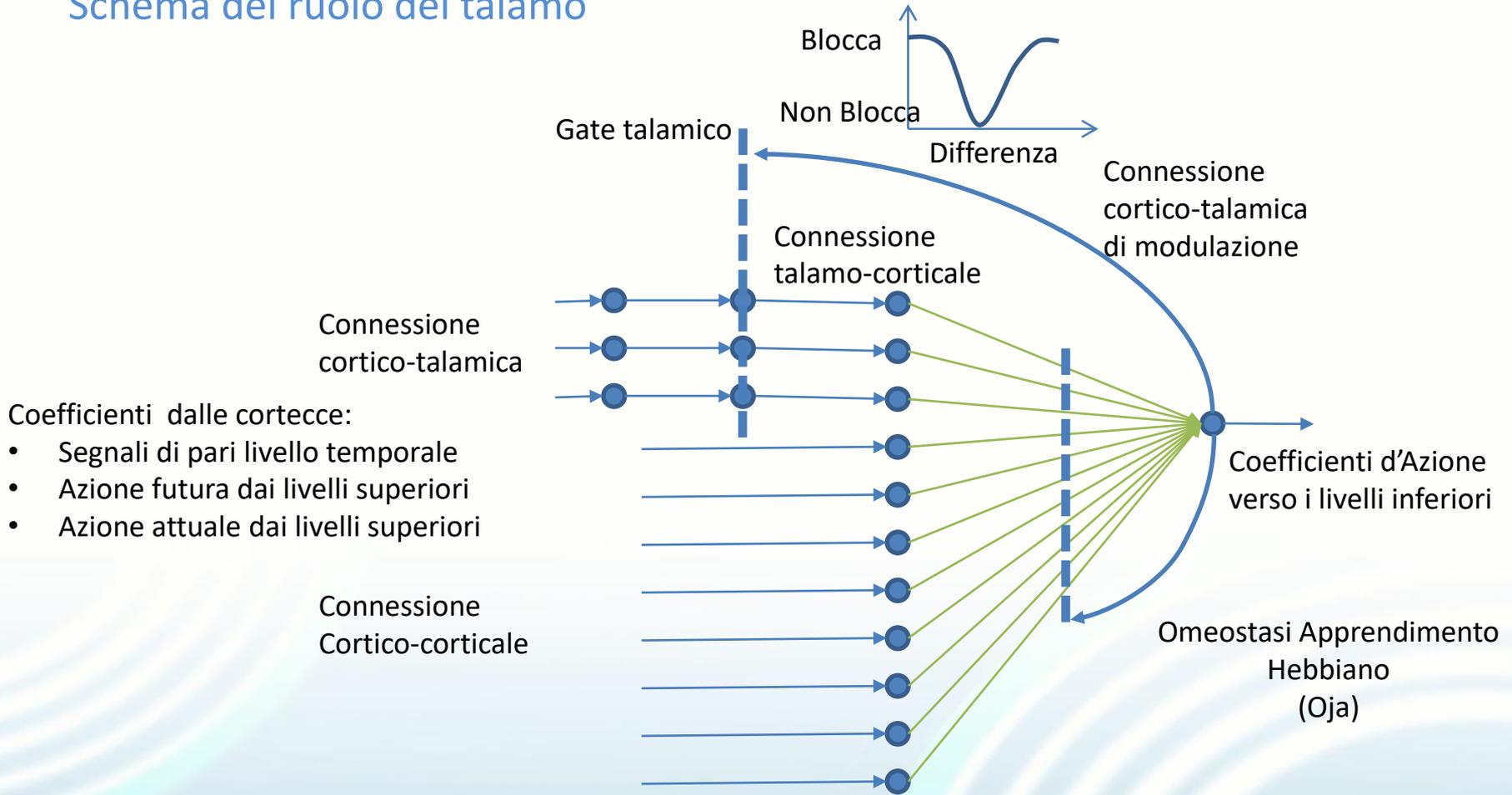
$$\Delta w_{ij} = \eta m_i (a_i s_j - a_i^2 w_{ij})$$

- Dove la variazione dei pesi è relativa ad ogni connessione tra un input  $s$  e un output  $a$
- In questo modo la configurazione dei pesi tende a **spiegare la varianza** nella sola dimensione dell'output
- Questo può essere sufficiente se sono gli output  $a$  a determinare una loro specificità attraverso l'azione che producono sul corpo e quindi sul mondo
- Se abbiamo molti output che collettivamente devono spiegare la varianza dobbiamo ricorrere all'apprendimento hebbiano generalizzato (Generalized Hebbian Algorithm GHA)
- Nel processo GHA sottraiamo mano mano la varianza spiegata dagli altri output

$$\Delta w_{ij} = \eta m_i (a_i s_j - a_i \sum_{k=1}^i a_k w_{kj})$$

- In questo modo assegniamo un ordine agli output e diamo ai primi il ruolo di prima dimensione di spiegazione della varianza (primo autovettore), anche se questo potrebbe sembrare arbitrario, come nel caso dei coefficienti delle rappresentazioni funzionali, dobbiamo tener conto che comunque i neuroni hanno una loro localizzazione spaziale che li porta naturalmente ad essere associati a certe elaborazioni e non ad altre.

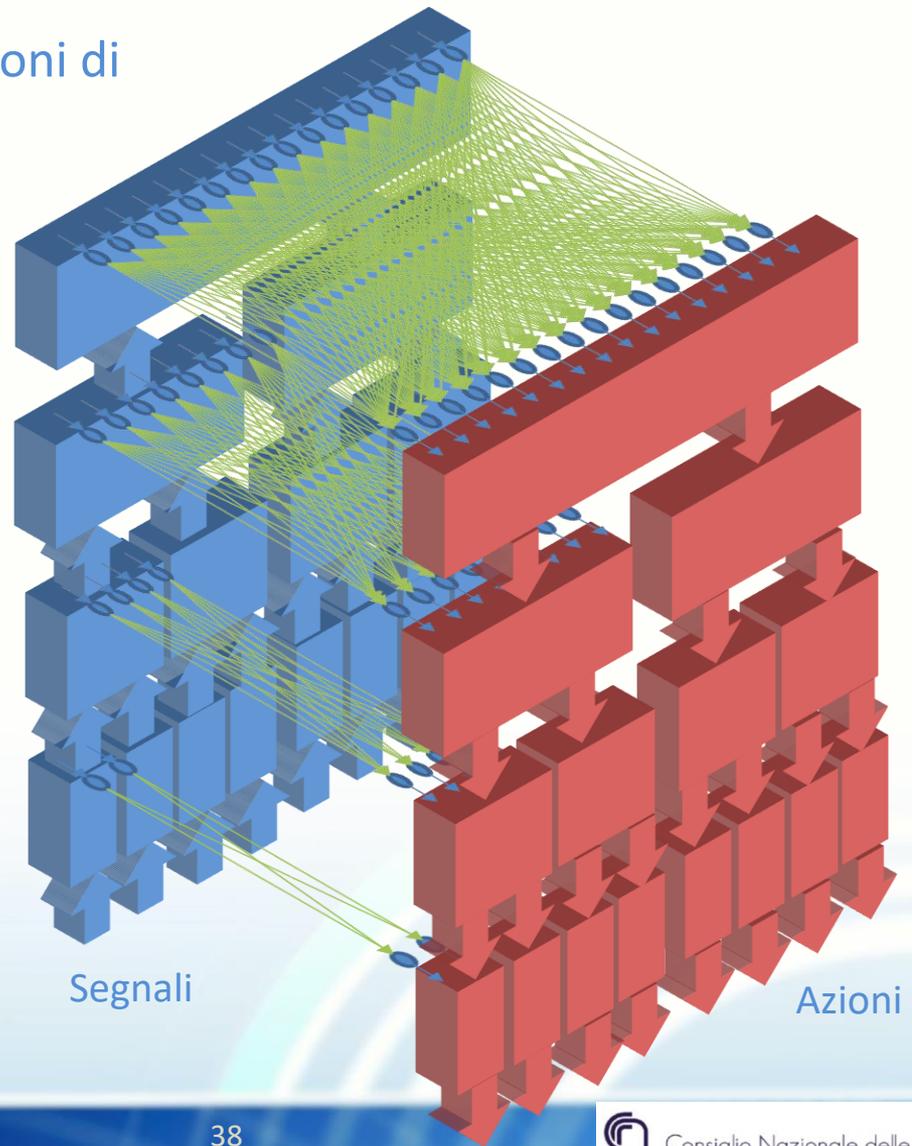
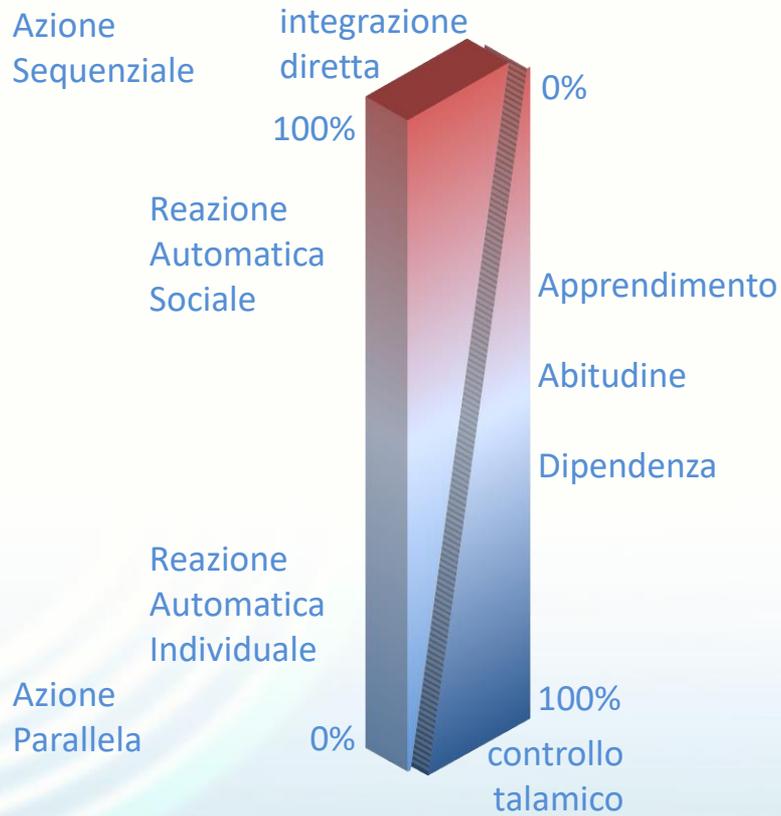
# Schema del ruolo del talamo



# Controllo talamico per la creazione e la selezione dinamica di moduli

- Il sistema di gating delle informazioni che permette la creazione di nuove funzionalità è connesso alla realtà di queste funzioni, cioè al modello di funzionamento dei segnali acquisiti e delle azioni elaborate tra di loro.
- Se agli stessi tipi di segnali e alle stesse tipologie di azione forniamo un legame diverso, quello stesso modulo funzionale produce una funzione diversa
- Il **gating prodotto dal talamo** è dato dalla semplice differenza di valore dei coefficienti tra un output dell'apprendimento e il suo input:
  - se la differenza è troppo ampia il segnale in input è bloccato e non partecipa all'apprendimento, ma soprattutto alle elaborazioni successive
  - Se la differenza è troppo bassa il segnale non viene mandato all'apprendimento stimolando la connessione diretta e il suo apprendimento, perché il suo blocco attiverà inizialmente la differenza ecc...
- I coefficienti sono una misura della varianza del segnale e avviene un blocco dell'input alla corteccia ed il suo apprendimento quando l'azione non spiega la varianza del segnale
- Perciò sono i coefficienti e non il loro valore che rimane stabile nella connessione indiretta attraverso il talamo
- Un cambiamento del valore dei coefficienti in input dal segnale mi indica una diversa funzione in atto sullo stesso insieme di segnali
- Un cambiamento del valore dei coefficienti in input dall'azione mi indica una diversa modalità di esecuzione
- Il legame tra questi due tipi di segnali è l'apprendimento che porta il primo segnale ad essere elaborato per diventare il secondo
- Perciò una **incoerenza** avviene se cambio le regole che legano l'azione ai segnali nel medesimo spazio percettivo e motorio
- Il talamo blocca questa incoerenza se essa avviene rapidamente, ma **possiamo evitare il blocco se essa è ridotta**, ma percepibile. Naturalmente dobbiamo arrivare a imparare una **completa** nuova modalità di reazione.

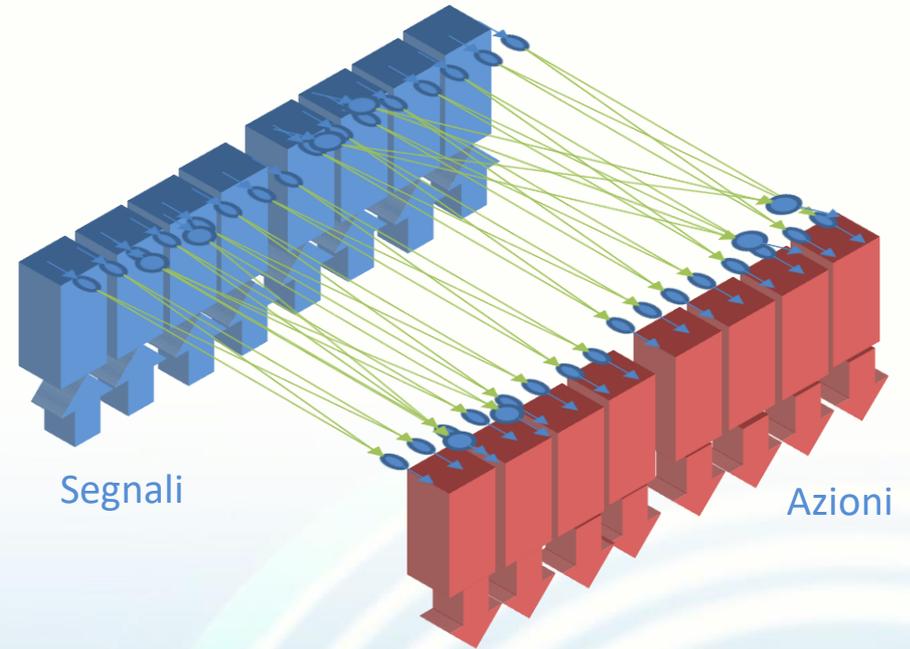
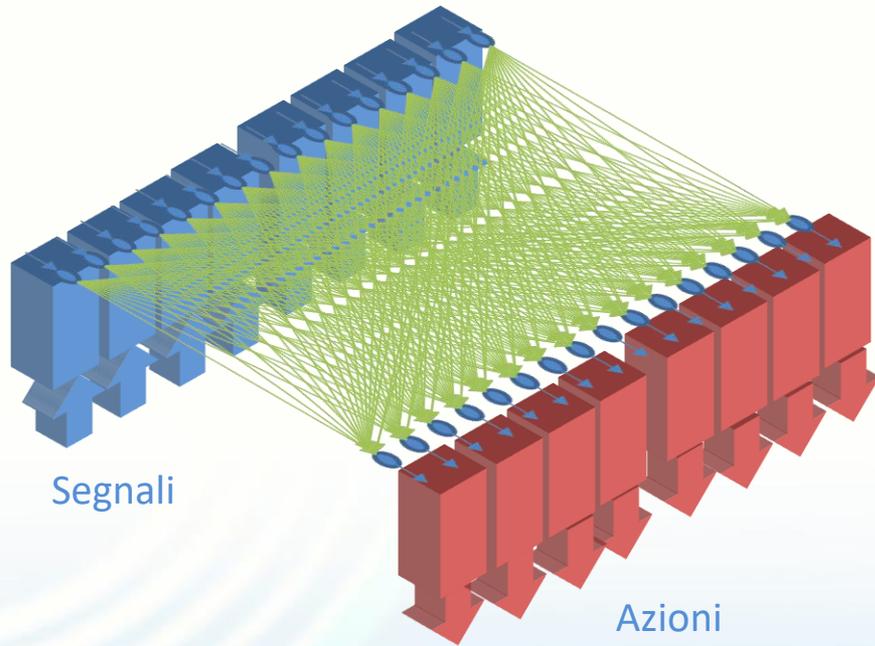
# Organizzazione delle elaborazioni di segnale ed azione



# Integrazione e sviluppo

- La struttura Luoglo permette la realizzazione delle fasi di costruzione e plasticità che vediamo nell'uomo:
  1. Definizione genetica dei meccanismi di riproduzione e differenziazione **cellulare** negli organi di **senso e di azione** e della loro integrazione nel **cervello**
  2. Sviluppo delle connessioni per effetto dei recettori **tropici** dei neuroni
  3. Apprendimento di reazioni automatiche per effetto dei recettori **metabotropici**
  4. Utilizzo delle reazioni automatiche prodotte dalla configurazione dei recettori **ionotropici**
  5. Apprendimento di **comportamenti** funzionali integrando le reazioni automatiche
  6. Enterocezione della parziale **incoerenza** tra reazione automatica e comportamenti
  7. Creazione di **abitudini** comportamentali per i comportamenti funzionali più utilizzati
  8. Sviluppo di **dipendenze comportamentali** per le abitudini più utilizzate
  9. Apprendimento di **comportamenti sociali** integrando le abitudini di tanti individui
  10. Autoconsapevolezza della parziale **incoerenza** tra comportamenti sociali e abitudini individuali (Teoria della Mente)
  11. Creazione di **regole sociali** per i comportamenti sociali più utilizzati
  12. Sviluppo di **dipendenze sociali** per le regole sociali più utilizzate
  13. Apprendimento di **regole sociali di rappresentazione** di comportamenti sociali ed individuali (linguaggi)
  14. Utilizzo delle regole sociali di rappresentazione della autoconsapevolezza della parziale **incoerenza tra sociale e individuale**
  15. Sviluppo della dipendenza dai **meccanismi** di trasmissione ed elaborazione delle rappresentazioni
  16. Autoconsapevolezza della **autonomia** delle rappresentazioni dai meccanismi (cultura, scienza)
  17. **Realizzazione** di nuovi punti di equilibrio attraverso la trasformazione dei vincoli fisici, individuali e sociali (storia, tecnologia)

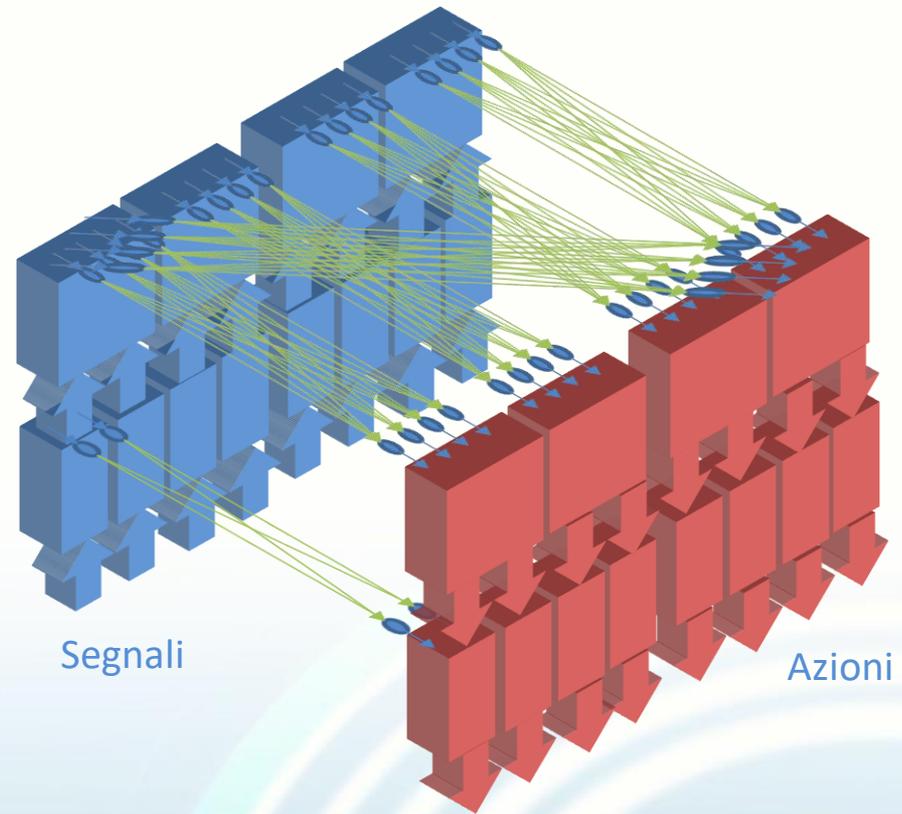
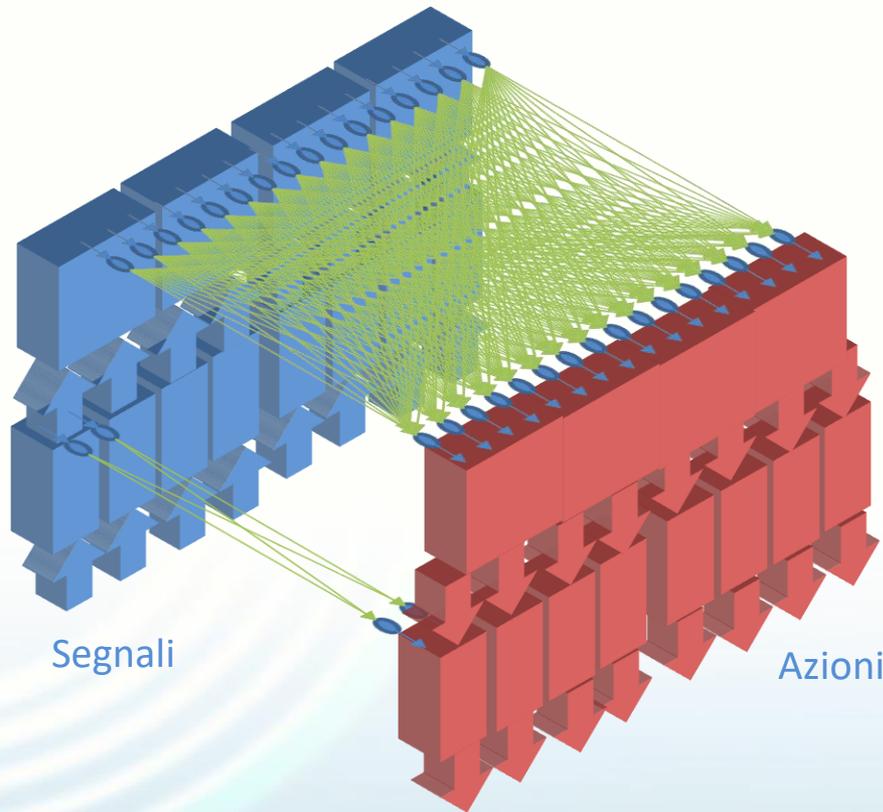
# Reazioni automatiche



# L'inizio

- Nella integrazione iniziale di organi di senso e attività motorie elementari sono all'opera diversi fattori che fondano l'intera architettura:
- Tutti gli organi di senso di entrambe il lati del corpo (entrambe i lati sensoriali e propriocettivi e i segnali enterocettivi dagli organi metabolici comuni) sono connessi inizialmente a tutti i nuclei di controllo motorio (di entrambe i lati), con e senza controllo talamico della connessione
- I pesi e l'esistenza stessa di queste connessioni subisce un apprendimento nella corteccia sensomotoria iniziale che isola le effettive necessità di coordinamento laterale e controlaterale.
- Nel cervello l'apprendimento di questa enorme rete ha nel cervelletto la struttura connettiva più ampia.
- L'apprendimento avviene già nel grembo materno sfruttando una ridotta presenza di segnali e di feedback alle proprie azioni
- I nuclei di controllo motorio essenziali (mani/bocca) si sviluppano nel feto
- Prosegue alla nascita sperimentando tutto e con un pruning guidato dalla correlazione tra azione e risultato sensoriale soprattutto rispetto ai segnali enterocettivi
- I primi legami tra vista/occhi/suoni/mani si sviluppano in questa fase
- A guidare questa fase sono i processi metabolici e il loro controllo interagendo col caregiver e gli stimoli sensoriali che egli propone.
- È la fase più difficile da riprodurre perché l'utilizzo di organi di senso e capacità motorie è profondamente integrato con aspetti di tipo metabolico propri di un organismo biologico
- Le reazioni automatiche che otteniamo alla fine del processo sono quelle apprese se si **sopravvive**, cioè si soddisfano le necessità metaboliche iniziali (allattamento nei mammiferi) per poi costruire reazioni sempre più complesse sempre con lo stesso scopo metabolico. Quanto di questo sia cablato e quanto sia appreso è difficile dirlo.

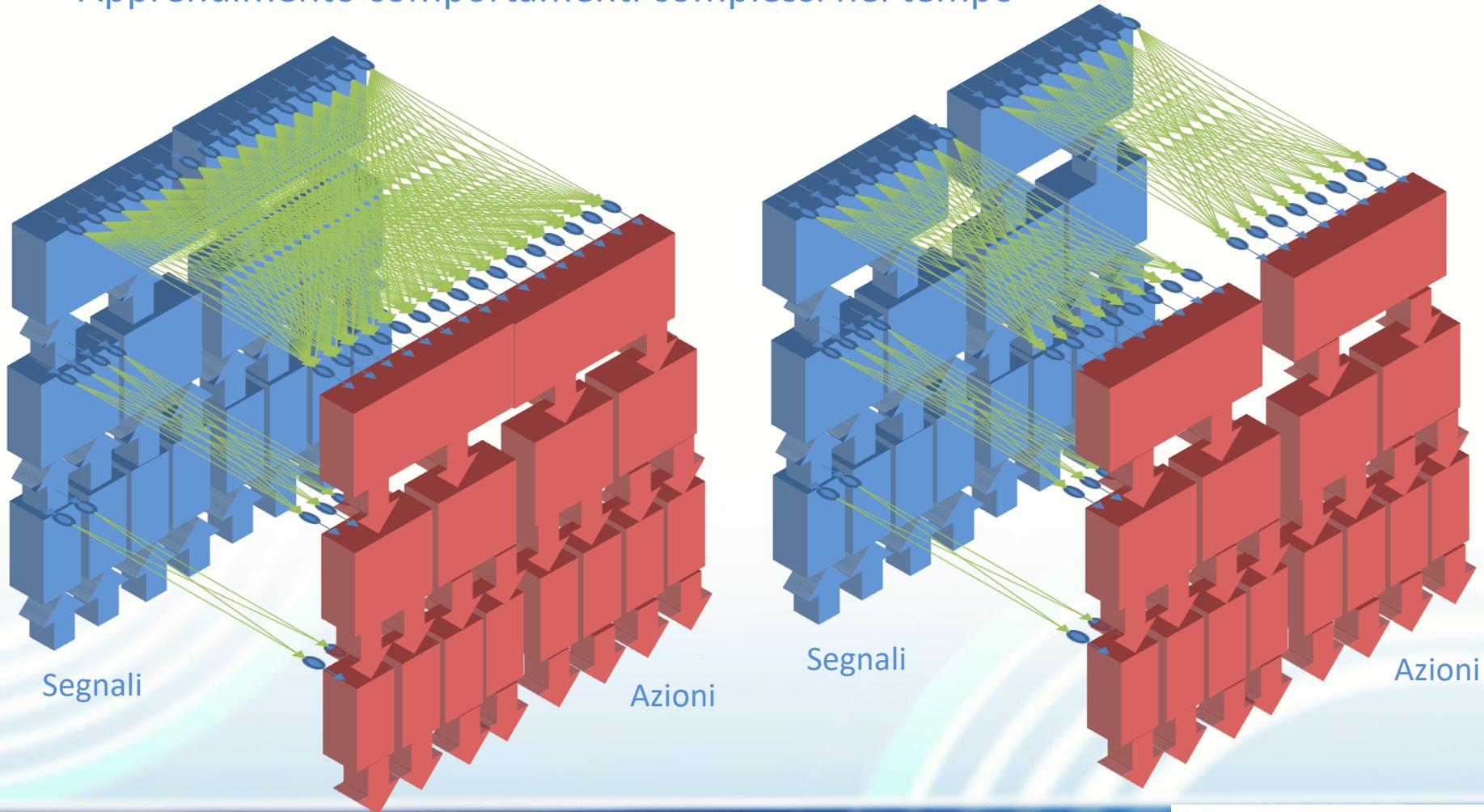
# Apprendimento Comportamenti



# L'importanza degli altri

- Le integrazioni corticali successive dei segnali (sensoriali, propriocettivi e enterocettivi) hanno lo scopo di integrare le funzioni metaboliche primarie nel tessuto sociale che le garantisce
- Ciò richiede una organizzazione complessa delle azioni e la loro pianificazione
- La memoria di lavoro si amplia ed è necessariamente una memoria di lavoro di tutti i segnali
- Quel che conta è il fattore **tempo** e l'organizzazione di sequenze in esso: il linguaggio altrui (non ancora il proprio) e i movimenti più complessi si dimostrano efficaci o meno se corrispondono ai fini metabolici organizzati nella prima fase.
- Tutto è coerente se è coerente con le azioni di base «inventate» nella prima fase di sviluppo
- Ogni passo diventa sempre più autonomo rispetto a questo fine se vi è garanzia che siano gli altri a soddisfare queste necessità di base
- La dipendenza dagli altri non è solo materiale, ma psicologica
- Si tratta di una fase preliminare allo sviluppo di una teoria della mente: le incoerenze vengono misurate, ma non sono ancora utilizzabili
- Si tratta della fase in cui le reazioni automatiche non trovano segnali che le confermano: una incoerenza del mondo a quanto si è appreso rispetto al proprio metabolismo. (Non basta una reazione di piacere del viso a far perseverare nella fornitura di cibo, o una reazione di disgusto o di pianto a produrre la interruzione di una pratica altrui).
- La reazione automatica, in un certo senso, è quella di aumentare la ricerca con altri mezzi e azioni che possono portare allo scopo **non immediatamente**, cioè ad una azione complessa che produce segnali previsti a livello di reazione automatica.
- Berridge, K.C., and Kringelbach, M.L. (2015). Pleasure systems in the brain. *Neuron* 86, 646–664.
- In tutto questo la coerenza tra segnale e azione è duplice: a livello di reazione automatica e a livello di reazione mediata dall'apprendimento.

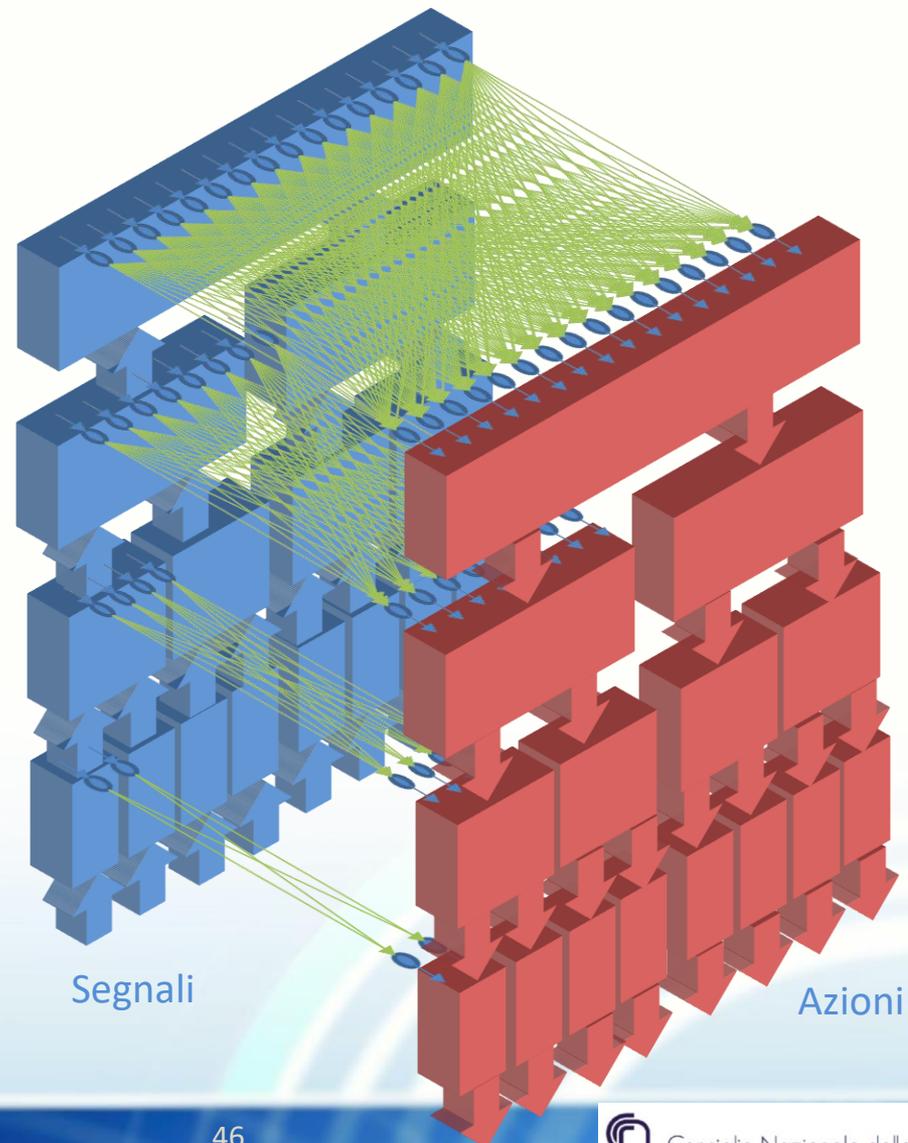
# Apprendimento comportamenti complessi nel tempo



# L'autonomia negli altri

- Ruoli sociali e meccanismi di questi ruoli costringono a partecipare al processo sociale, nella importanza degli altri scoperta nella fase precedente
- I moduli funzionali nati e organizzati nella fase precedente sono a disposizione per relazionarsi con gli altri
- Nasce una teoria della mente se siamo in grado di misurare le coerenze/incoerenze delle azioni complesse apprese con le azioni degli altri
- Dalla corrispondenza che si apprende nasce una teoria della mente o dell'autonomia propria ed altrui
- Il linguaggio è lo strumento per manipolarla come i giochi della fase precedente
- Dal punto di vista informativo la misura delle incoerenze dei processi funzionali integrati diventa un modulo funzionale legato al linguaggio: **si parla per intervenire sulle incoerenze e per ridurle.**
- Le reazioni automatiche sono sempre all'opera, ma il loro risultato è provocato da azioni complesse man mano apprese.
- La fase delle reazioni automatiche coinvolge anche il ruolo di utilizzare o cercare di utilizzare azioni sempre più articolate.
- Cioè vi è una spinta che prosegue dalla fase precedente a realizzare azioni ad un maggiore livello di integrazione che includono fundamentalmente una sequenza di azioni unitarie. Una spinta ad usare il cervello per volere azioni nuove e imparare ad analizzarne il risultato (dopamina/serotonina?)
- Mentre il gioco iniziale misura le reazioni immediate, in questa fase le reazioni sono ottenute con una articolazione nel tempo di varie fasi di azione, tutte importanti se si sa integrare il segnale complessivo nel tempo.
- Le sorprese informative non mancano in questo periodo e adeguare il proprio comportamento ad esse è l'attività predominante e che produce la fase di maggiore apertura mentale di tutta la vita.
- La coerenza segnale/azione con le reazioni automatiche è comunque lo stimolo principale a questo apprendimento, solo che si tratta di una coerenza che viene ritardata fino al suo raggiungimento finale. Tutto ciò è possibile perché si attivano azioni sul sistema di gestione dell'omeostasi corporea che includono/anticipano le azioni delle reazioni automatiche.

# Autonomia di ricerca



## Autonomia dagli altri / controllo degli altri

- Il livello successivo analizza nel tempo le strategie di manipolazione dell'altro attraverso i propri comportamenti
- Inizialmente non si vede se stessi come un altro, l'identità è forte di una **non autoconsapevolezza dei propri limiti**
- L'essere realizzazione degli altri diventa però difficile a causa delle incoerenze inevitabili nel tempo e tra i tanti interlocutori
- La sperimentazione di nuovi meccanismi di interazione riproductiva mette in discussione le proprie reazioni automatiche e quelle altrui
- I processi di decisione diventano sempre più importanti, non basta seguire le indicazioni degli altri
- Le scelte casuali diventano possibilità di esplorazione di scenari mai visti, di alternative, di scoperta dei limiti della propria autonomia
- Si diventa infine consapevoli delle proprie **possibilità** di realizzazione e dei **rischi** connessi con successive integrazioni temporali a livello strategico
- Si diventa cioè controllori degli altri e dalle reazioni a questo controllo si percepiscono incoerenze personali e sociali
- Da un punto di vista informativo le integrazioni a lungo termine dei comportamenti altrui e poi dei propri richiede necessità di integrazione delle memoria episodiche generalizzandole, costruzione di similitudini e analogie, percezione delle tecniche e dello stile di apprendimento ecc...
- Il sovraccarico metabolico cerebrale può essere rilevante e superare soglie di equilibrio.
- Dall'altro lato il problema è che questa ricerca di strade autonome può essere **frustrante** e può insorgere una reazione, una consapevolezza criticamente oggettiva a volte, di sospensione della ricerca.
- Il livello di metabolismo del cervello si abbassa in certi casi al di sotto di soglie minime di omeostasi del funzionamento cerebrale.
- Trovare un equilibrio tra questi due limiti è lo scopo principale di ogni modello di prevenzione.

## La decisione casuale

- In condizioni normali le rappresentazioni funzionali del segnale sono una evoluzione **browniana** del **segnale guidato dall'azione**: cioè una rappresentazione in cui i movimenti più lenti sono più ampi di quelli più brevi.
- Ciò si deve però attuare con una scelta casuale a livelli inferiori di integrazione di una strada invece che di un'altra. Cioè esiste un **rumore gaussiano** che accompagna i segnali integrati nella loro trasformazione in azione.
- Ad esempio nella sequenza temporale di azioni che viene generata antitrasformando il segnale che è stato integrato con la memoria di lavoro possiamo avere che l'azione attuale e quella futura coincidono o meno a seconda della **durata della memoria di lavoro** la cui durata è aleatoria per tutta una serie di motivi e di scopi.
- Ad esempio la ricomposizione di coordinate spaziali al segnale d'azione dopo la loro integrazione in una funzione complessa potrebbe avere **differenze di fase** non corrette rispetto al segnale originale per effetto della perdita di alcuni coefficienti nella relazione appresa di spiegazione della varianza del segnale.
- Del resto **un rumore di fondo nei pesi** rimane anche dopo il loro apprendimento specialmente nei processi di sincronizzazione topografica operati dal talamo soggetti come abbiamo detto ad un tropismo.
- Insomma la casualità di fondo della realtà percepita per effetto dell'azione provoca una casualità dell'azione entro limiti che definiscono la nostra **identità**.
- Ciò è possibile parzialmente anche nelle reazioni automatiche e nel loro coordinamento o nei comportamenti complessi in via di trasformazione in abitudini.

## O tutto o niente

- Qualsiasi tentativo di intelligenza artificiale dotata di apprendimento generalizzato è destinato a fallire se non si permette la realizzazione di un meccanismo che dalla configurazione (genetica) arrivi fino allo sviluppo collettivo (storico).
- Questo perché superare le dipendenze e gestire le incoerenze è impossibile se non vi sono tutti i meccanismi di livello superiore che le gestiscono ad un livello di integrazione che, nella natura, va dai meccanismi epigenetici alla evoluzione storica delle comunità.
- Almeno questo è il quadro che possiamo vedere nel suo insieme sulla Terra.
- Altri livelli forse sono possibili e alcuni livelli potranno essere suddivisi, ma il processo è sempre lo stesso: impara una regola semplice e poi superala attraverso percorsi di articolazione di tante regole semplici in regole più complesse.
- Non esiste soluzione fisica in grado di superare i limiti posti dalla **computabilità** perché ogni soluzione fisica è un processo computabile. Esiste solo lo spazio limitato dalla complessità minima e questo limite non è computabile
- Muoversi in questo spazio è essenzialmente un moto browniano che possiamo strutturare cambiandone la metrica con approssimazioni gerarchiche (la Neural Gauge Theory di Friston)
- Nell'intelligenza naturale l'esplorazione che compie un individuo riduce la risorsa più preziosa a sua disposizione, cioè la complessità casuale di partenza prima dell'apprendimento, cioè il **tempo a disposizione** per la sua personale esplorazione.
- Anche le risorse messe in campo da comunità di intelligenze naturali non sono infinite.
- Forse questo è in parte evitabile nell'intelligenza artificiale, ma il suo consumo di risorse energetiche e materiali, sia individualmente che collettivamente, non può essere illimitato.
- L'unica cosa che potrà fare è superare il nostro contesto biologico per aumentare di due o tre volte i fattori di grandezza di accesso alle risorse di cui ha bisogno. (Tanto vale mettere la AI a svilupparsi su un pianeta più vicino al Sole come Venere o Mercurio. Sperando che non senta la nostra mancanza e che si limiti a rispondere con un corretto «42» alle nostre solite domande sul significato ultimo della vita nell'universo.)



Consiglio Nazionale delle Ricerche



**ISTITUTO DI NEUROSCIENZE**



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



## **Gioco d'Azzardo Patologico-GAP**

dalla Neurobiologia Sperimentale alla Clinica

Bologna, giovedì 26 Gennaio 2017

1. La selezione naturale delle reazioni automatiche al segnale: una robusta frontiera efficiente
2. La coerenza dell'azione con le reazioni automatiche: al di là del bene e del male
3. L'orchestrazione di nuovi moduli funzionali: la plasticità funzionale indotta dal talamo
4. Le abitudini e le dipendenze: i limiti di qualsiasi sistema di apprendimento generalizzato
5. La condivisione sociale di rappresentazioni funzionali: linguaggi e ontologie per superare l'autismo delle macchine
6. La elaborazione sociale delle rappresentazioni funzionali: regole sociali come dipendenza sociale
7. Reti di sistemi naturali e artificiali: idee per la terapia dei limiti dell'apprendimento generalizzato

# **APPLICAZIONI GENERALI**

## Ri-fare

- Abbiamo visto che la selezione casuale di input e il loro controllo da parte del talamo permette la creazione di moduli funzionali che legano una integrazione del segnale con una dell'azione
- Alcuni di questi moduli funzionali esistono alla nascita e vengono utilizzati per le **risposte automatiche** a certi segnali utili alla omeostasi del corpo e del cervello in esso
- La punizione e il premio non esistono, ma esiste solo la incoerenza o la **coerenza** di una azione rispetto a queste risposte automatiche
- Questa coerenza è un parametro di **realizzabilità** dell'azione ed è sufficiente a coordinare un **apprendimento non supervisionato** di una nuova funzione del cervello a partire dai segnali che quell'azione produce
- Le reazioni automatiche sono in competizione tra di loro quando le si esamina dal un punto di vista di una integrazione temporale e spaziale dei segnali. Cioè i moduli funzionali di livello superiore, che integrano segnali di diverso tipo e che sono dotate di una memoria di lavoro che ne consente una organizzazione temporale, possono indurre ad azioni che contemporaneamente o nel tempo sviluppano azioni che producono segnali non coerenti con le risposte automatiche.
- In altre parole l'obiettivo di coerenza che porta all'azione nel tempo è molteplice e può essere considerato come un ottimo su di una frontiera di **ottimi di Pareto**.
- Il **comportamento** è la realizzazione di un'azione sempre subottimale nello spazio dinamico delle coerenze del segnale con esse
- I comportamenti appresi possono nel tempo diventare risposte automatiche con l'acquisizione di **abitudini**.
- La non esecuzione di abitudini diventa un segnale di **incoerenza** tra l'azione in atto e l'azione che l'abitudine avrebbe portato ad eseguire in presenza di quei segnali.
- Si ha **dipendenza** quando queste abitudini applicate nel tempo sono fortemente incoerenti con altre abitudini o con risposte automatiche: un comportamento che diventa meno ottimale di altri in un mutato contesto del corpo o del mondo.

## Il rischio e la decisione

- Lo scambio di coerenze (e incoerenze) che avvolge il comportamento sociale si è spesso trasformato in abitudini che affinano le regole di questo scambio, diventando **regola sociale**, cioè una **dipendenza comportamentale sociale**.
- Le abitudini stesse diventano premessa di una **certezza di comportamento** che viene usata per misurare la coerenza propria e altrui.
- Il comportamento sociale aggiunge rigidità e garanzie che non vengono garantite dal mondo al corpo: l'azione ha un fine che socialmente può essere raggiunto con maggiore certezza.
- Naturalmente questo è il frutto di una continua misura del risultato del legame tra azione e segnale che porta alla valutazione del valore della **incoerenza attuale rispetto al valore della coerenza futura**.
- Per valore di una coerenza (incoerenza) intendiamo tre aspetti:
  - la differenza tra il **segnale attuale** e quello che induce la risposta automatica a cui non si risponde
  - la differenza del **segnale futuro** e quello che induce la risposta automatica futura
  - la complessità della risposta non automatica attuale rispetto a quella automatica attuale cioè **l'investimento cognitivo**
- L'insieme di questi tre fattori viene a diventare la coerenza (incoerenza) del comportamento che viene **anticipato** nell'articolazione di comportamenti ancora più complessi
- Complessità e differenze di segnali sono **vissuti** e portano ad un apprendimento che è anche una misura della distribuzione di probabilità di essi cioè una spiegazione della varianza dei segnali rispetto all'azione
- Il rischio come **aleatorietà** dei risultati nelle varie esperienze è quindi una misura di coerenza/incoerenza complessiva dell'azione rispetto alle risposte automatiche o alle abitudini
- La **decisione** viene presa quindi in funzione delle abitudini in modo duplice: per la coerenza che aggiunge e per il minore sforzo cognitivo ad eseguirla.

# Cambiare abitudini

- Se ad un certo segnale possiamo **anticipare una valutazione** di valore dell'abitudine o del comportamento complesso che viene articolato nei livelli di integrazione ecco che la decisione viene facilitata in un senso o nell'altro
- Tipicamente l'abitudine impedisce l'apprendimento di ulteriori valutazioni di comportamenti complessi che la possano sostituire
- Per questo motivo l'**indicazione sociale** a mutare le proprie abitudini viene vista come una punizione cioè una incoerenza altrui rispetto al nostro comportamento: un oggetto tipico di scambio sociale
- Il problema è che le coerenze che hanno portato a quella coerenza d'insieme che chiamiamo abitudine non sono spesso oggetto di scambio cioè sono ad esempio **coerenze proprie** che non possono essere scambiate (si veda il tema della comorbilità nelle dipendenze)
- Molto spesso una propria incoerenza, ad esempio di tipo **economico per il raggiungimento di un insieme di altre coerenze**, non può essere scambiata perché violerebbe una serie di abitudini e dipendenze (regole) diffuse a livello sociale.
- **La rottura di una dipendenza dipende sempre dalla rottura di altre dipendenze interne o sociali.**
- Lo stesso vale per le abitudini: non possono semplicemente cambiare in se, ma cambiando il contesto di ulteriori abitudini e reazioni riflesse di base che le hanno determinate.
- Questo è il motivo per cui **completi cambiamenti di contesto**, ulteriori abitudini o anche semplici nuove abilità funzionali possono permettere una perdita indolore di abitudini in poche settimane.
- Il ruolo della **terapia** è definire contesti nei quali le vecchie abitudini non possono portare coerenze ai segnali presenti nella terapia. In questi casi le abitudini e le dipendenze sono un modulo funzionale che non viene perso, ma **diventa inutile** nella articolazione di nuove relazioni di valore di **coerenza sociale**.
- A livello individuale il problema è più complesso perché occorre intervenire sulle coerenze e incoerenze complessive presenti **nel corpo e nel cervello**.

## Che cosa è una incoerenza?

- Quando abbiamo segnali che inducono un'azione che non è coerente con l'azione decisa a livello superiore o viceversa significa che l'azione che viene prodotta lo è assieme ad **azioni che contemporaneamente non possono essere eseguite**
- Si ha un caso del genere a livello di diversi coefficienti di azione quando la varianza spiegata da un coefficiente non è sufficiente e occorre aggiungerne altri per ottenere una spiegazione del segnale
- Si tratta di tipiche situazioni che sono **premesse di un apprendimento** che sposterà l'intero assetto di azioni di rappresentazione del segnale.
- Probabilmente il **legame tra i coefficienti** delle trasformate che rappresentano le azioni e le azioni vere e proprie viene ottenuto attraverso sistemi complessi di scomposizione e articolazione degli **stimoli nervosi ai muscoli e segnali propriocettivi da essi** come quelli che avvengono nel **cervelletto** che apprende le coerenze delle rappresentazioni.
- Il cervello quindi si trova a rappresentare uno spazio funzionale estremamente complesso in cui i vincoli appresi e automatici sono estremamente complessi.
- Probabilmente l'esito più frequente di una incoerenza è un **blocco funzionale**.
- Comunque rimane da capire come i livelli superiori possano aver deciso una azione incoerente con i segnali a livello di base e creino, in una articolazione complessa, un equilibrio tra riflessi automatici.
- Probabilmente se l'azione superiore è diversa da quella riflessa è perché si vuole favorire una azione riflessa in un **passo successivo** dell'azione in corso, come quando un animale attua un faticoso comportamento di caccia per ottenere cibo.
- L'equilibrio tra diverse azioni viene ottenuto dal sistema dopamina/serotonina/oppioidi oltre che dalla regolazione talamica dei segnali. La rottura di questa gestione potrebbe essere l'effetto delle lesioni del **Parkinson**.
- Di conseguenza l'incoerenza tra azione superiore e azione riflessa deve già possedere percorsi aperti da risposte automatiche per segnali diversi da quelli attuali: **la incoerenza è sui segnali** e non sulle azioni e quindi i processi **attentivi** possono ridurla. Questo forse può spiegare i riflessi **pavloviani** rispetto a segnali anticipatori..

## La non incoerenza

- Nel trattamento della dipendenza l'attenzione deve essere spostata verso segnali coerenti con l'azione incoerente con l'abitudine (e almeno non incoerenti con essa)
- Ma come fa un segnale a essere **non incoerente** con una azione?
- Raramente il talamo consente un sovraccarico informativo è quindi nel percorso di acquisizione dell'abitudine quel segnale non esisteva
- Ma abbiamo visto che il talamo fa passare solo segnali coerenti (leggermente incoerenti): come fare a modificare questo comportamento automatico del talamo?
- Non serve impedire l'azione perché essa ingloberebbe rapidamente i segnali necessari al suo flusso
- Quello che occorre fare è cambiare completamente **l'assetto funzionale** e porlo al servizio di **flussi informativi non incoerenti con l'abitudine**.
- Non basta l'incoerenza di livello superiore dell'azione nel contesto dei segnali di abitudine: occorre un assetto funzionale diverso complessivo dei segnali non incoerenti (non incoerenti non è coerenza) con l'abitudine
- L'articolazione dei segnali deve essere non incoerente anche con il **livello temporale** dell'abitudine e quindi è importante una analisi del percorso temporale dell'abitudine e agire in tempi diversi (gestire diversamente la giornata o fare attenzione a segnali più brevi di quelli dell'abitudine)
- Non serve un segnale di tipo enterocettivo che segnali la incoerenza funzionale: il **blocco funzionale** provocato dalla incoerenza produce il segnale che non vi è azione e quindi si **auto-percepisce** indirettamente il proprio stato di incoerenza a cui il cervello reagisce con risposte automatiche specifiche che si integrano con la memoria di lavoro dei moduli funzionali
- Se ciò fa sparire il segnale che aveva provocato la reazione automatica, cioè **se il blocco dell'azione** è sufficiente a ridurre il segnale che provoca la reazione automatica, allora l'azione prosegue senza incoerenze su quanto indicato dai livelli superiori.

## Prima la realtà

- La rappresentazione dell'azione si deve confrontare con la sua **realizzazione** per poter stabilire quel feedback con la realtà che provoca il segnale che ci conduce ad imparare una funzione di trasferimento tra l'azione e la realtà percepita.
- Mentre le **reazioni automatiche** rappresentano l'azione in termini realizzabili per effetto del comportamento geneticamente acquisito, le rappresentazioni delle azioni integrate nello spazio e nel tempo sono oggetto di un lungo apprendimento prima di poter essere realizzabili in comportamenti complessi.
- Anche le contraddizioni tra diverse reazioni automatiche a segnali complessi sono gestite automaticamente dal sistema dopamina/serotonina/oppioidi dando delle priorità ad una reazione rispetto ad altre.
- In questo contesto l'azione complessa di livello superiore è coerente solo se è una sequenza di reazioni automatiche. Ma in questo caso non sarebbe neppure necessario un livello superiore di integrazione dei segnali e di assegnazione di un valore complessivo e anticipatorio (questo valore è la coerenza risultato dello scambio tra incoerenze attuali e coerenze future).
- Un sistema in cui venga cambiata semplicemente la priorità tra reazioni in contraddizione richiede comunque una reazione automatica che valuti «liberamente» le priorità, ma ciò è contraddittorio.
- Occorre qualche meccanismo che permetta una azione incoerente o almeno non prioritaria in modo che venga **sperimentata realmente** la coerenza futura raggiunta.
- Per questi motivi abbiamo introdotto come azione di fondo il **moto browniano** che **alteri casualmente la soglia** entro cui vengono valutate le incoerenze e le priorità.
- Non può che esserci una **forza esploratrice guidata dalla casualità** a determinare nuove esperienze reali da cui apprendere la forma su livelli di integrazione maggiore della realtà.
- Ciò è rappresentato dai comportamenti di **ricerca del rischio** tipici di ogni animale.

## Strade di in-dipendenza

- Solo nella dipendenza questa casualità non è più all'opera e viene bloccata l'esecuzione di variazioni di priorità e di azioni incoerenti con i livelli sottostanti di reazione automatica.
- Quindi la decisione casuale ci è utile con le dipendenze solo se ci spostiamo in un contesto in cui queste reazioni automatiche sono non incoerenti con essa e cambiamo contemporaneamente le reazioni automatiche e le loro priorità facendo **diventare incoerente la dipendenza** (possibile luogo di uso dei farmaci nelle dipendenze da sostanze in cui i comportamenti abitudinari sono semplici)
- Il problema è che questo passaggio **ristruttura l'identità**, cioè l'intero insieme di coerenze e incoerenze apprese nel tempo per guidare la casualità, creando un insieme molto ampio di reazioni di apprendimento che devono essere guidate lungo un percorso di cui si conosce lo stato di coerenza complessiva a livello sociale e personale
- Cioè l'intero insieme di comportamenti complessi viene ridefinito se attuiamo una variazione delle risposte automatiche e delle loro priorità.
- La **perdita di identità e la rinascita** di una nuova identità nel controllo delle dipendenze è un fenomeno noto.
- Esso però può facilmente regredire se esistono incoerenze nel processo, a livello personale e nella identità socialmente condivisa che viene ricostruita.
- Dato che non esiste una coerenza di fondo senza scambi, e la priorità a livello sociale di questi scambi è continuamente in discussione proprio per la casualità del comportamento, non abbiamo mai la certezza di un successo duraturo.

# Il comportamento di controllo della dipendenza

- Anche la relazione con la dipendenza, come tutti i blocchi funzionali dovuti a incoerenze, viene auto-percepita.
- Ciò porta ad una relazione con la propria esperienza di apprendimento che chiamiamo **teoria della mente patologica**.
- Essa si differenzia da quella vissuta nella crescita cognitiva del bambino nella relazione con il care-giver per la preesistenza di una identità che si sta ricostruendo.
- Nella creazione di una teoria della mente alcuni moduli funzionali relativi al processo di riconoscimento dei segnali e della loro incoerenza con l'azione viene creato percependo:
  - La differenza tra azione programmata e azione non eseguita perché è avvenuto un blocco funzionale del proprio sistema di esecuzione
  - La reazione automatica attraverso l'evidenza della azione immediata anche se il processo di analisi dell'azione si completa nel tempo
  - Il tempo necessario alla creazione di un comportamento coordinato che vediamo negli altri, ecc...
- Tutti questi effetti del sistema di apprendimento portano ad una **valutazione di se stessi** e della propria dinamica cognitiva nel processo di esecuzione, cioè **l'omeostasi dei processi cognitivi**.
- Tutti questi effetti permettono di **prevedere il comportamento cognitivo** altrui nell'interpretare segnali condivisi e nel reagire ad essi.
- Nella condivisione delle proprie reazioni automatiche con quelle altrui si crea un senso di comunità che viene messo in discussione da reazioni automatiche create da diverse abitudini (consuetudini e dipendenze), cioè di differenza percepita tra la propria reazione e quella altrui di fronte a segnali condivisi.
- I meccanismi comunitari forniscono anche coerenze che sarebbe difficile cercare da soli: il comportamento riprodotto dai cosiddetti **neuroni a specchio** è possibile per una **auto-percezione della diversa modalità di reazione** agli stessi segnali che porta alla riproduzione dello stesso comportamento anche in assenza di un contesto che ne permetta l'esecuzione materiale.

# La omeostasi del cervello

- I sistemi di omeostasi dei vari organi del corpo producono segnali **enterocettivi** che vengono elaborati dal cervello
- Il cervello può agire sui sistemi di omeostasi in due modi:
  - **direttamente** partecipando al controllo della omeostasi tramite una integrazione dei segnali; ciò avviene normalmente con reazioni automatiche geneticamente determinate e apprese per selezione naturale
  - **Indirettamente** producendo comportamenti che influenzano il corpo attraverso sostanze e interazioni; ciò avviene quando in relazione a complesse azioni si soddisfa una necessità metabolica o riproduttiva dell'organismo; le azioni possono essere automatiche o acquisite tramite l'apprendimento che relaziona queste omeostasi al contesto o all'ambiente particolare in cui la vita si mantiene
- La integrazione dei **segnali enterocettivi** nel tempo e la loro relazione con gli altri segnali e azioni avviene in tutto il cervello, ma per necessità fisiche in modo particolare in alcune aree cerebrali che si sono sviluppate allo scopo come insula e amigdala.
- Le stesse attività metabotropiche che modulano le reazioni automatiche in molte parti del cervello come il **sistema dopamina/serotonina/oppioidi** per i segnali nocicettivi, alimentari o sessuali sono prodotte da questi sistemi di elaborazione dei **segnali enterocettivi**
- Anche il **sistema motorio** ha questi tipi di caratteristiche modulatorie attraverso il sistema dell'**acetilcolina** verso recettori metabotropici **l'omeostasi dello stress motorio**
- Infine anche le reazioni automatiche sociali e **eusociali** hanno un proprio sistema di modulazione basato su **ossitocina** delle generali attività cerebrali governato dalla elaborazione dei segnali relativi **all'omeostasi sociale** dell'individuo.
- Le differenziazioni di queste funzioni avviene anche con la partecipazione del **talamo**, ma è predominante un collegamento diretto tra segnali e azione sull'omeostasi specifica compresa quella modulatoria delle parti del cervello che agiscono **indirettamente** su di essa.
- **Insomma il cervello viene visto da questi sistemi come importante per la propria omeostasi e ne modula il funzionamento con modalità non topografiche**

# Una teoria fisica del cambiamento delle abitudini

- Insomma molti fattori intrecciano l'apprendimento del sistema nervoso centrale con i sistemi di omeostasi interna e sociale.
- In tutti questi casi l'attività modulatoria induce reazioni automatiche che selezionano uno spettro particolare di comportamenti
- Viceversa il sistema nervoso centrale agisce in modo diretto sulle omeostasi interne (ad es. riconoscimento di volti che provocano una reazione sociale, riconoscimento di animali pericolosi che provocano paura), ma soprattutto in modo indiretto attraverso un comportamento che porta il corpo a migliorare un circuito di omeostasi interna o sociale.
- Come è ovvio le **ontologie** di queste reazioni fanno parte della teoria della mente e spesso sono alla base di tutta una serie di elaborazioni comportamentali delle loro priorità.
- L'energia necessaria ad uscire da un minimo locale nell'apprendimento acquisito dalle reazioni automatiche sembra enorme: essa è in relazione a tutta l'energia spesa dai processi di selezione naturale (quantità di soggetti esposti a mutazioni per ottenere un apprendimento).
- Anche questo fa parte della teoria della mente che viene auto-percepita in termini di incoerenze, cioè di blocchi funzionali rilevati.
- Per le abitudini sembrerebbe essere tutto diverso: esse rappresentano una alternativa tra tante di equilibrio tra le reazioni automatiche in un certo contesto.
- Ma anche il **contesto** è il risultato di uno sforzo energetico enorme ottenuto dalla selezione tra tanti comportamenti durante l'esperienza individuale e collettiva.
- Un **contesto è la causa e l'effetto di una abitudine** e per uscire dalle abitudini è necessario un vero e proprio processo di **evoluzione dell'equilibrio ecologico** che trasformi il contesto nell'esperienza del singolo.
- Ad esempio violando regole sociali (dipendenze sociali) che bloccano il contesto e facendolo evolvere verso nuovi equilibri accettando tutto il costo energetico che questo comporta.

# Troppo stress

- Nel **stress post traumatico** forse avviene che un singolo episodio ha bloccato e aperto **in modo irripetibile** il segnale e ciò che si appreso non è più raggiungibile per una modifica dell'apprendimento
- Riesumare i fili dell'accesso talamico alle aree colpite dal singolo episodio significa riprodurre il contesto e quindi aggravare la situazione
- Ad esempio si è subito un trauma tale da aver bloccato tutti i controlli talamici, ma nonostante questo si è appreso attraverso le connessioni dirette. Questo apprendimento non è raggiungibile, ma continua a deformare i processi guidati dal talamo
- Insomma la modularità ha un costo che è l'omeostasi del processo cognitivo nel suo insieme in situazioni estreme come la **ripetizione assoluta dell'abitudine e la non ripetibilità delle situazioni di forte stress**
- Il problema più grave è che deforma verso forme patologiche la propria teoria della mente con fenomeni di rottura della autoconsapevolezza, cioè la percezione delle cause di ciò che si è attraverso il proprio bagaglio di esperienze
- Infatti abbiamo visto che reazioni di sorpresa informativa producono incoerenze motorie che vengono percepite dai diversi segnali che queste incoerenze producono nel flusso dei segnali prodotti dalla propria azione.
- Viene quindi normalmente percepita e spiegata la reazione generale automatica ad una novità di segnale o di azione (in altre parole ad uno **stress** più o meno grande)
- Lo stress potrebbe anche non essere percepito perché **si è ciechi rispetto alla variazione delle proprie reazioni**, non avendo termini di confronto o vivendo in un equilibrio stressante. Non per questo il processo è salutare perché pone il sistema in condizioni di limite di rottura e logoramento.
- In generale gli equilibri cognitivi e la loro evoluzione sono percepiti e rappresentati ad un livello di integrazione che richiede **memorie di lavoro specifiche di lunga durata**: cioè i tempi di reazione vengono continuamente percepiti e trasformati in una rappresentazione funzionale che è la propria **autocoscienza**

## Ansia: Troppo poco stress

- A essere causa di ansia, cioè di ricerca di soluzioni, è quasi sempre una situazione di mancanza di sorprese informative
- I comportamenti di **gestione dell'ansia** prendono il sopravvento in questi casi e probabilmente sono comportamenti alternativi a comportamenti di **ricerca di rischio** appena l'ansia si riduce
- A organizzare questi due stati: mancanza di sorpresa informativa, ricerca di sorpresa informativa sembrano essere dei neuromodulatori metabotropici come la **serotonina** che agisce sugli strati superiori della neocorteccia.
- A questo livello abbiamo una caratteristica fondamentale: non esiste un problema di coerenza con le indicazioni di livello superiore, è essa a generare incoerenze nei livelli inferiori rispetto ad abitudini e reazioni automatiche.
- Cioè la ricerca di rischio sembra essere il sintomo di un livello basso di ansia che esternalizza la soluzione, li collega al mondo, mentre una ansia più profonda produce comportamenti più relazionati al corpo.
- Il problema è che una struttura così importante e complessa come l'organizzazione di ultimo livello della reazione unitaria al corpo e al mondo nel tempo si trova a gestire una **reazione del corpo a se stessa**.
- Le capacità integranti ultime rispondono al corpo per il loro ruolo vitale, per la continua capacità di organizzare risposte complesse.
- La mancanza di ruolo dei livelli superiori nell'ansia è un segnale **dell'omeostasi verso i comportamenti non appresi**, cioè verso le potenzialità infinite del linguaggio, che il corpo e soprattutto il resto del cervello hanno imparato.
- Nel gating talamico le reazioni automatiche e le abitudini hanno appreso che devono essere ignorate dalla aleatorietà combinatoriche dell'ultimo livello. Imparano ad avere **necessità delle sue funzioni**.
- **L'ansia e la ricerca di rischio sono una forma di dipendenza dalle elaborazioni di livello superiore.**
- Essendo questa abitudine/dipendenza un ulteriore esempio di comportamento che è utile in molti casi, ma che in altri diventa dannoso. È necessario creare o **recuperare le abitudini** e le attività automatiche di tipo fisico per superare l'ansia.

## Il livello informativo e livello metabolico

- Quanto si sente diventa cibo per il cervello, perciò va digerito e metabolizzato. A regolare la metabolizzazione dell'informazione, cioè l'apprendimento, sono processi analoghi a quelli del cibo.
- La relazione con l'informazione e il suo uso sono cioè meccanismi di omeostasi della relazione col mondo.
- Il problema è che tutto l'apparato elaborativo dipende da come il mondo produce nel tempo novità informative rispetto a reazioni, riflessi, automatiche o apprese.
- Il processo di gestione dell'equilibrio è inevitabilmente metabolico, mentre ciò che viene metabolizzato è informativo. Esso agisce sulle funzioni metaboliche attraverso dei circuiti riflessi non topografici che sintetizzano i livelli del processo di metabolismo informativo.
- Ma essendo informativo esso produce anche elaborazioni apprese, azioni dipendenti da strutture complesse topografiche presenti nel segnale percettivo ed enterocettivo che regolano a loro volta le funzioni metaboliche informative.
- In altri termini cambia la funzione di trasferimento dei segnali enterocettivi verso i sistemi di gestione dell'omeostasi cognitiva.
- Questa circolarità metabolismo/informazione è ovviamente complessa da gestire, praticamente impossibile gestirla a livello cognitivo personale.
- Perché essa ne è il nocciolo: è la nostra **autocoscienza** della capacità di gestire le sorprese informative che nasce dalla analisi dinamica di come si comportano le sorprese informative e noi rispetto ad esse sul lungo periodo.
- Non il contenuto delle sorprese informative, ma la gestione del loro livello massimo e il livello con cui le gestiamo a bassi livelli e quale ne sia il residuo in termini di massima integrazione necessaria.
- Cioè il livello «metabolico» è la comprensione di come siamo in grado di ridurre l'energia libera sul lungo periodo, quanto è ottimale, secondo Friston, la nostra esistenza stessa.

# Infrastruttura delle intelligenze artificiali e suoi consumi energetici

- Se pensiamo all'intelligenza artificiale e al consumo energetico delle infrastrutture fisiche che la consentono possiamo definire bene le condizioni di stress e di ansia.
- Lo stress è l'eccessivo consumo energetico che alza la temperatura delle CPU e quindi la gestione dello stress ne deve abbassare la **frequenza** di calcolo.
- L'ansia è la mancanza di consumo energetico dovuto al rallentamento e al blocco delle strutture di memoria e di collegamento che rischia di allungare i tempi di risposta e quindi la gestione dell'ansia è un continuo **polling** sui processi informativi circostanti e il calcolo dei tempi di futuro coinvolgimento.
- Tutto questo richiede il calcolo di punti di equilibrio basati sulle statistiche di **metabolismo informativo** che sono ovviamente compito dei livelli di integrazione maggiore
- Cambiare questi punti di equilibrio rischia di produrre maggiore stress o maggiore ansia se le condizioni peggiorano in un senso o nell'altro:
  - Temperatura troppo elevata per far fronte ad un aumento futuro di necessità elaborative prolungate.
  - Eccessivo consumo energetico nelle attività di polling nonostante prolungati bassi livelli di necessità di calcolo.
- Non esistono punti di equilibrio migliori a quelli ottenibili da una **statistica delle necessità di calcolo** e un certo livello di **stress e di ansia dell'intelligenza artificiale** è inevitabile se vuole essere in grado di affrontare problemi reali con le risorse reali di cui essa dispone.
- Tutto questo si traduce in diversi costi rispetto a diversi ricavi ottenuti dalla elaborazione del mondo.
- Come nei processi finanziari le aleatorietà aumentano con il margine medio di un certo punto di equilibrio lungo una frontiera efficiente che dobbiamo trovare per ogni **infrastruttura informativa e mercato informativo di riferimento**.

# Ruolo della farmacoterapia

- Cambiare dall'esterno i segnali metabotropici può portare a **nuovi punti di equilibrio utili alla sopravvivenza del metabolismo cognitivo**. L'intervento farmacologico consiste essenzialmente in questo.
- Il problema è che il cervello reagisce apprendendo questi nuovi punti di equilibrio provocati esternamente e ad essi si **adatta**.
- Cioè si può diventare dipendenti da questi interventi.
- La soluzione è cambiare **la resilienza e la stabilità autonoma** del punto di equilibrio. Nel cervello questo richiede una combinazione di fattori: la autoconsapevolezza del proprio stato e l'apprendimento della sua gestione man mano che si riduce l'intervento farmacologico. Quindi il passaggio dinamico da una omeostasi esternamente guidata ad una **internamente mantenuta**.
- Non sempre questo è possibile perché esso richiede due livelli di intervento: generale sulla propria omeostasi e specifica sui comportamenti che richiede.
- Così come la sete produce comportamenti complessi per la sua soddisfazione, anche l'omeostasi cognitiva richiede comportamenti che agiscono a due livelli: «ionotropico» e «metabotropico», la informazione e la sua elaborazione, la realtà e la sua interpretazione attiva.
- Tutto ciò finalizzato a se stessi e alla propria malattia mentre gli altri lo fanno rispetto alla propria sopravvivenza individuale e sociale.
- Questo è contraddittorio e quindi va trovato **un ruolo di sopravvivenza** al comportamento di evoluzione dell'omeostasi cognitiva. Esse sono ad esempio un **esempio dell'importanza della autoconsapevolezza** della necessità di equilibrio nella relazione cognitiva col mondo.
- La malattia mentale come un doloroso, ma utilissimo, percorso di **autoconsapevolezza collettiva** dei propri limiti.
- **La farmacologia è fondamentale, ma le basi neuroscientifiche ci dicono che deve essere sempre accompagnata da una terapia cognitiva individuale e sociale.**

# Stigma ed esclusione del malato

- Perché non vedere se stessi nel malato è utile?
- Vi sono necessità evolutive per questo?
- Sono con un fondamento razionale?
- Usiamo ancora l'esempio dell'intelligenza artificiale per **rendere accettabile in noi** questo percorso e domandiamoci: le intelligenze artificiali devono essere consapevoli dei propri rischi di dipendenza e delle diverse possibilità di equilibrio patologico del proprio metabolismo energetico/cognitivo?
- Sapranno curarsi da sole o elimineranno le versioni «malate»?
- Il problema è border line in termini di **computabilità**: perché una utile abitudine dovrebbe diventare una dannosa dipendenza in presenza di risorse di calcolo finite quando basta eliminare l'AI che la possiede? Perché la inefficiente gestione dei costi energetici dovrebbe ricadere sul cliente quando basta eliminare dal mercato il data center inefficiente?
- È ovvio che nessuno è in grado di rispondere ora a queste domande: ma in futuro l'AI sarà in grado di farlo?
- Cioè esclusione e stigma del malato o almeno la sua non inclusione riflessiva tra i «normali» è l'unica soluzione o l'AI troverà per se stessa altri punti di equilibrio evolutivi?

# La parola

- **Il linguaggio serve a riprodurre rappresentazioni funzionali tra due individui**
- Il linguaggio opera a livello di teoria della mente in cui i processi cognitivi di reazione alle sorprese informative vengono oggettivati
- Cioè il proprio stato di autocoscienza è la base di un processo di sua manifestazione attraverso delle azioni che rappresentano se stessi di fronte alle novità informative **oltre alle normali reazioni automatiche**
- Si percepisce, come abbiamo detto, la differenza rispetto alle reazioni automatiche tra due individui che **condividono dei segnali**, come ad esempio il movimento degli occhi, delle mani e della voce.
- Possiamo fare un parallelo quasi perfetto tra questi segnali e le variazioni talamiche perché entrambe sono provocate dalla medesima causa e cioè la sorpresa informativa e cioè la incoerenza del segnale di azione.
- Solo dove i processi di **controllo** delle reazioni automatiche hanno un ruolo possiamo avere una ragione diversa dal semplice evolvere delle reazioni automatiche
- Cioè i segnali della sorpresa informativa hanno **una ragione di scambio** se possono essere prodotti internamente, cioè se c'è una azione che non corrisponde ad una reazione automatica.
- La modulazione della reazione dipende dai livelli più alti di integrazione in itinere e scarsamente controllati dai processi talamici, che ne sono l'effetto.
- Da qui ad un linguaggio il passo necessario è la **standardizzazione** delle rappresentazioni delle sorprese informative autoprodotte e perciò comunicabili.
- Sappiamo che questo processo è lungo e coincide essenzialmente con l'azione di generazione della sorpresa informativa nei processi di azione su basi standardizzate, cioè di associazione della rappresentazione funzionale dell'azione con il segnale usato nella comunicazione

# La terapia della parola

- Quindi **la parola è sorpresa informativa** che si vuole riprodurre in noi e nell'altro, un'azione che si trasforma in un segnale oggettivo che riproduce la mia azione quando non è automatica, ma potremmo dire «volontaria»
- Il linguaggio permette perciò di rivivere sorprese informative senza le azioni corrispondenti, anzi proprio perché non ci sono azioni corrispondenti (per la differenza tra il dire e il fare potremmo sintetizzare).
- Le stesse aperture talamiche ad alto livello vengono riprodotte dalle incoerenze di azione potenziali prodotte dalla rappresentazione funzionale di alto livello dell'azione incoerente con le reazioni automatiche.
- Un certo livello associativo con aspetti sensoriali diversi da quelli di supporto al significante possono essere presenti, ma essenzialmente **è l'azione che include questa semantica dei segnali** e a maggior ragione dell'azione.
- Cioè il livello più alto della integrazione sposta verso l'azione rappresentazioni dei segnali percettivi, propriocettivi ed enterocettivi associati alla rappresentazione funzionale evocata dalla parola.
- **È nella azione impossibilitata che nasce la sorpresa informativa associandola alla parola udita**
- La rappresentazione si porta ad un livello di azione fin che può stimolando feedback soprattutto modulatori sul segnale significante o anche in sua assenza
- Cosa dire infatti della parola pensata: essa si ferma a ben poco e per quanto potente sia l'evoluzione delle rappresentazioni provocato da un feedback solo modulatorio è solo attraverso la parola ad alta voce o in quella scritta che questa evoluzione si può fissare ed apprendere
- Il pensiero ad occhi chiusi è una evoluzione del rumore di fondo del cervello sui canali di integrazione del segnale usando le **memorie di lavoro**, le reti apprese e i processi neuromodulatori provocati dalle azioni pensate.
- L'ascolto della parola detta da una persona è enormemente più sorprendente e coinvolgente così come la percezione dei feedback alla nostra parola: essa attiva canali talamici rispetto a segnali che ci **apprestiamo** a considerare.
- **La parola è azione e contemporaneamente una rappresentazione «conscia» delle azioni in generale rispetto alla differenza con le reazioni automatiche «inconscie» e parla di se stessa nella differenza con le «parole automatiche».**

## Le abitudini sociali

- Vi sono tutta una serie di comportamenti che riguardano l'esecuzione di azioni (sub)ottimali in una frontiera di Pareto di coerenze **condivisa tra più individui**.
- Cioè certe azioni sono coerenti con le proprie e le altrui reazioni automatiche
- Alcuni di questi comportamenti sono ottenuti durante l'educazione e il relativo passaggio di conoscenza sulla relazione tra segnali ed azioni (**cultura**)
- I **comportamenti sociali** sono il risultato del raggiungimento di ottimi di Pareto nei quali la coerenza con le reazioni automatiche di qualcuno (premi) non sempre è coerente con le risposte automatiche di altri (punizioni), ma assieme servono allo scopo di garantire un equilibrio delle risposte automatiche della comunità a cui si appartiene.
- Tutto ciò porta a creare comportamenti complessi in cui il premio immediato a qualcuno viene controbilanciato da premi futuri a qualcun altro o la punizione immediata a qualcuno viene controbilanciato da premi futuri.
- Lo **spostamento nel tempo** della coerenza funzionale viene controbilanciato da una incoerenza attuale e viceversa
- In un contesto sociale viene facilitato lo scambio di coerenze in cambio di incoerenza come fosse un **compito cognitivo distribuito** analogo a quello che avviene nel cervello.
- Tutto ciò porta a complessità e spesso ad incoerenza dei comportamenti sociali che viene risolto attraverso **legami di scambio** tra individui analoghi alle selezioni di moduli funzionali operate dal talamo.
- Si creano specializzazioni comportamentali di individui o di gruppo per ridurre il numero e il peso delle incoerenze.
- Si pensi ad esempio al peso riproduttivo (incoerente per la donna) assegnato a coerenze (maggiori) tra aspetti sessuali ed alimentari come nel rapporto di coppia.
- Insomma esiste uno spazio enorme di comportamenti articolati e complessi che si inserisce nel contesto delle poche e semplici reazioni automatiche dei singoli individui creando un tessuto di azioni a volte **indipendente dal mondo** che le avvolge.

# Reti di sistemi naturali e artificiali: idee per la terapia dei limiti dell'apprendimento generalizzato

- In sintesi abbiamo visto che la differenziazione in moduli funzionali risolve il problema dell'apprendimento catastrofico, ma introduce tutta una serie di problemi come le dipendenze e probabilmente lo stress post-traumatico
- In generale le abitudini si trasformano in reazioni automatiche associate ad un contesto.
- Le abitudini e le dipendenze sono probabilmente sempre connesse a reti di relazioni sociali di servizio funzionale (regole sociali o dipendenze sociali). Una soluzione molto complessa sarebbe quindi quella di cambiare queste regole sociali che creano il contesto di dipendenze personali.
- Questo diventa molto difficile perché la rottura di queste reti sociali crea scompensi a molti individui contemporaneamente e non risolve il problema della dipendenza personale, anche se ne riducono la diffusione.
- Un'altra soluzione è la creazione di contesti individuali nei quali i comportamenti **non sono non coerenti o coerenti (ortogonali)** con la dipendenza, ma agiscono sui medesimi tipi di segnali e azioni.
- Se la dipendenza è un certo tipo di coordinamento sensomotorio e enterocettivo delle reazioni automatiche, allora lo stesso spazio può essere rieducato ad altre funzioni
- Ad esempio l'utilizzo di **videogame** può facilitare, se la teoria Luoglo è vera, a uscire da una dipendenza da slot se lo spazio sensomotorio è simile. I videogame utilizzati devono però essere finalizzati a percorsi di rilassamento e di autoconsapevolezza dei risultati di autocontrollo che si stanno man mano ottenendo. Si potrebbe farlo con AI preparate allo scopo.
- Un esempio di spazio sensomotorio ortogonale nel quale agire è quello **linguistico** come già avviene negli spazi di autoaiuto.
- Infine cambiare tutto il contesto socioemotivo è la soluzione più semplice di riduzione del danno, anche se recuperare il vecchio contesto riporta alla dipendenza.
- Insomma la soluzione è evolutiva con modelli di terapia guidata, ma soprattutto con politiche di **prevenzione** e di riduzione del rischio.

# Risultati

- In questo percorso che ci ha portato ad analizzare gli aspetti di base dell'intelligenza naturale e dell'intelligenza artificiale abbiamo compreso che:
  - La selezione operata dai meccanismi metabotropici crea moduli funzionali ionotropici sempre nuovi nel cervello: le esperienze in cui questi moduli si attivano diventano sempre più coerenti con gli altri moduli funzionali e si trasformano in abitudini e a volte in dipendenze
  - Il livello di sviluppo attuale della riproduzione artificiale di funzioni intelligenti (deep learning) soffre del problema opposto: una rete neurale dimentica ciò che aveva appreso in precedenza se viene addestrata ad un altro scopo.
- Il modello Luoglo permette la creazione di nuovi moduli funzionali attraverso una selezione dei segnali in modo analogo a quanto fa il talamo quando regola il collegamento dei segnali alle cortecce e cortecce ad altre cortecce.
- Nel modello Luoglo i segnali vengono trasformati in azioni che a loro volta, attraverso il mondo ed il corpo, producono segnali. Il modello Luoglo impara ad associare le azioni al segnale in atto e viceversa.
- La nascita di una architettura di questo tipo richiede necessariamente più livelli di elaborazione del segnale integrandolo nello spazio sensoriale e nel tempo.
- I livelli di azione integrati possono o meno essere **coerenti** con le azioni decise a livello inferiore.
- Le regole **sociali** con cui ci si confronta durante lo sviluppo portano ad ulteriori livelli di incoerenza che vengono gestiti.
- La non coerenza dei segnali d'azione viene auto-percepita ed è alla base di una teoria della mente.
- Tutto questo porta ad una architettura che avrà una storia ontogenetica analoga a quella del cervello.
- Il risultato finale è una rete sociale di intelligenze naturali ed artificiali in cui il **linguaggio** serve a sviluppare sempre maggiori livelli di coerenza collettiva.
- Le malattie mentali come le dipendenze comportamentali, lo stress e l'ansia possono essere rappresentate in questo contesto e le intelligenze naturali e artificiali possono aiutarsi reciprocamente ad accettarle, a prevenirle e a curarle.



Consiglio Nazionale delle Ricerche



**ISTITUTO DI NEUROSCIENZE**



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



## **Gioco d'Azzardo Patologico-GAP**

dalla Neurobiologia Sperimentale alla Clinica

Bologna, giovedì 26 Gennaio 2017

Come l'antropologia, la psicologia, le neuroscienze e la matematica spiegano la struttura della relazione tra il gioco d'azzardo e i giocatori

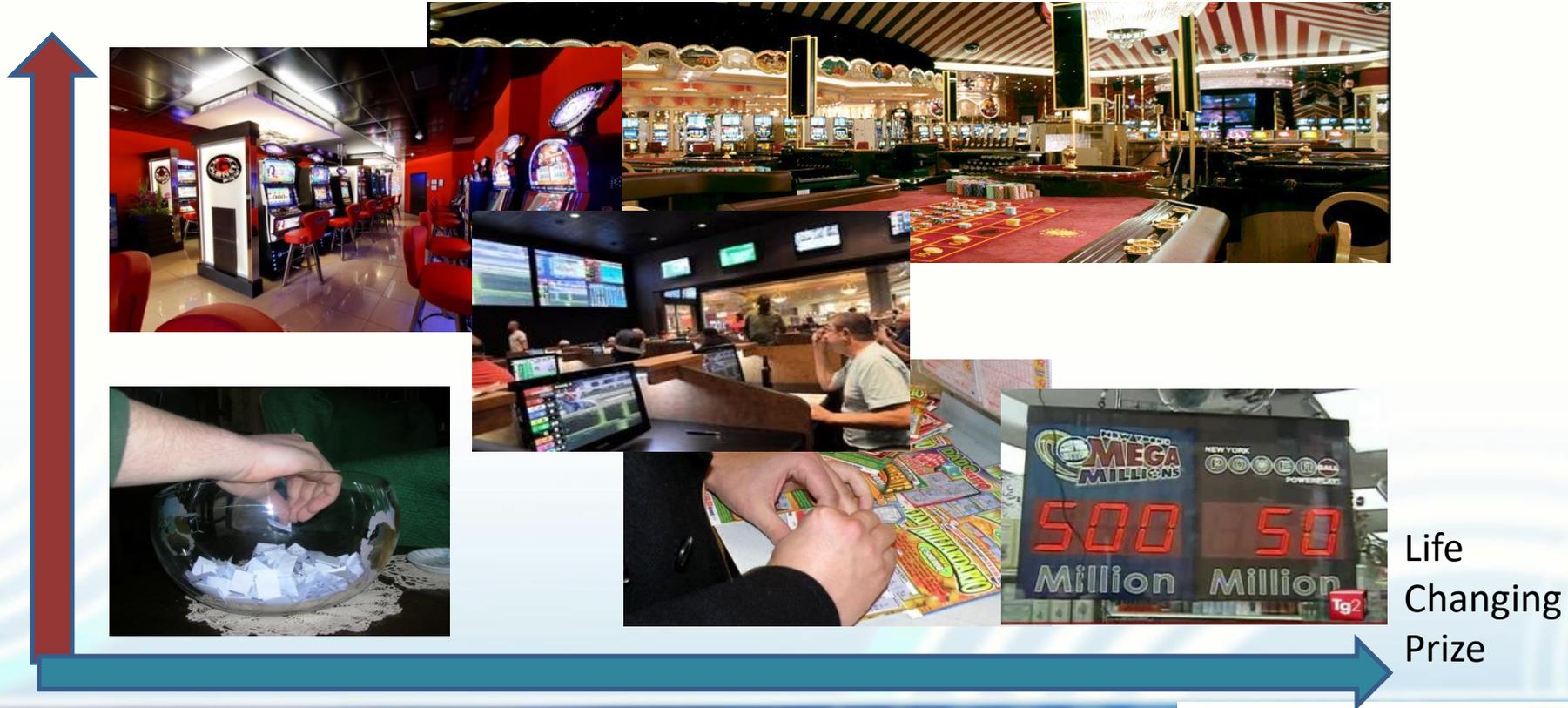
# **APPLICAZIONI AL GAP**

## La zona...

- L'evoluzione storica delle attività di gioco d'azzardo, in luoghi dedicati, ha portato ad una larga globalizzazione dei criteri di **architettura degli interni** e dei **dispositivi di gioco**.
- Il giocatore frequente si aspetta di avere la **possibilità** di passare del tempo dimenticando il tempo: non vi sono né orologi, né luce naturale che permettano di associare l'attività di gioco al passare del tempo.
- La complessità di questa situazione di desiderio di **perdita di controllo del tempo** è stata analizzata dalla antropologa dell'MIT Natasha Dow Schüll nel libro "Addiction by Design: Machine Gambling in Las Vegas (Princeton Univ Pr)".
- La tendenza del giocatore alla perdita di controllo del tempo si è co-evoluta con diversi fattori:
  - il disegno degli interni, delle luci, dei suoni della «zona» attorno al sistema di gioco,
  - il funzionamento dello stesso gioco d'azzardo attraverso la curva di distribuzione del montepremi e la possibilità di «diversificare» il rischio su tante scommesse contemporanee.
- In una organizzazione a «machine zone» il giocatore può entrare in uno stato che assomiglia a quello di trance; il giocatore non viene «disturbato» dall'ambiente e questo stato è mantenuto dal dispositivo di gioco.

# Gambling Location Design

Time on Device



## Le cause dell'evoluzione

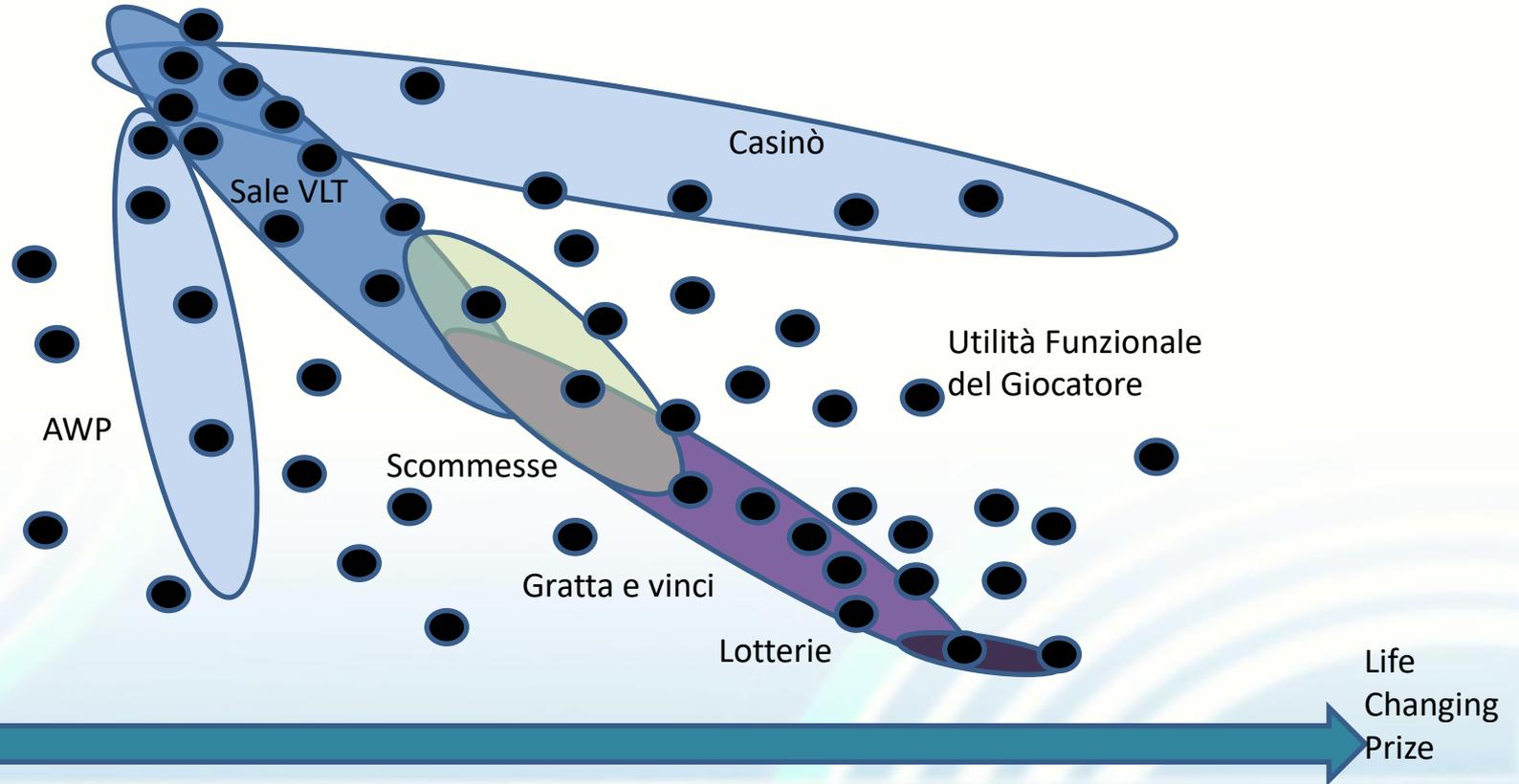
- L'organizzazione delle sale da gioco e del gioco per ottenere una perdita del controllo del tempo non è nata solo dalla esigenza del gestore di «guadagnare» aumentando il numero di scommesse.
- Per sostenere questa evoluzione il gestore è costretto ad alzare il payback portando il monte premi al 95-98% delle cifre scommesse. Questa diminuzione del margine unitario è controbilanciata, solo in parte, dal maggior numero di scommesse.
- Il gestore fornisce vari tipi di gioco con una distribuzione del monte premi sempre più complessa (ciò permette la possibilità nelle slot di diversificare il rischio su molte linee o, nel caso delle scommesse sportive virtuali, su molte scommesse).
- Il gestore utilizza la **tecnologia** dei calcolatori per fornire giochi elettronici che consentono al giocatore la **possibilità** di affinare, secondo le proprie esigenze, la distribuzione delle vincite. Questi sistemi di gioco sono sempre più costosi da acquisire o da affittare.
- Le distribuzioni del monte premi corrispondono a due polarità dell'«**utilità funzionale**» del gioco: tempo e vincita.
- Al giocatore, l'utilità funzionale del gioco nasce dalla possibilità attraverso la tecnologia, di equilibrare la sua esigenza di dimenticarsi dello scorrere del tempo con quella di una vincita significativa.
- Il giocatore può scegliere un punto di equilibrio personale tra tempo e vincita, scegliendo tra tanti tipi di giochi e tra tante configurazioni di gioco.

# Gambling evolution



# L'offerta e la domanda di gioco

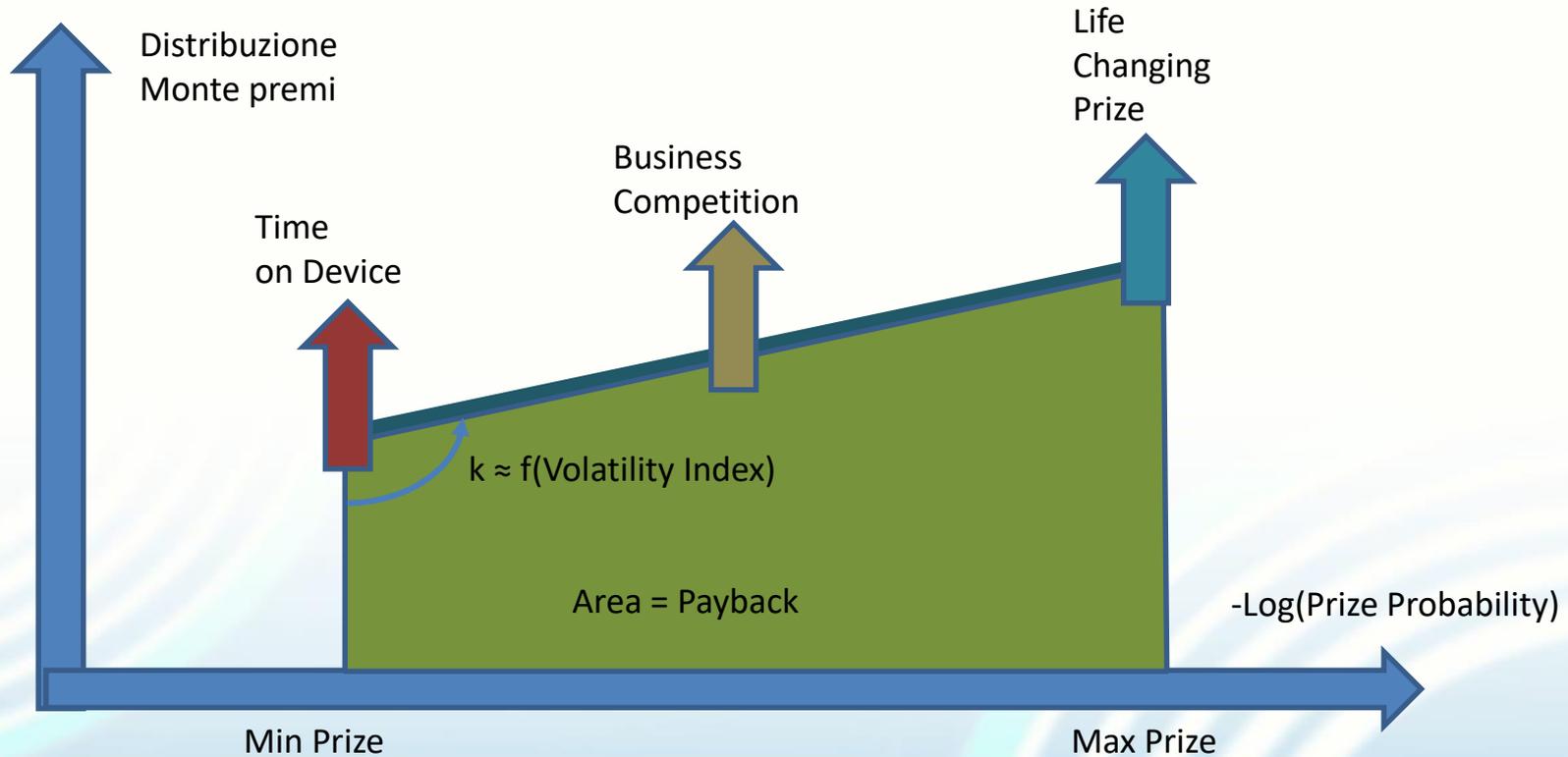
Time to Device



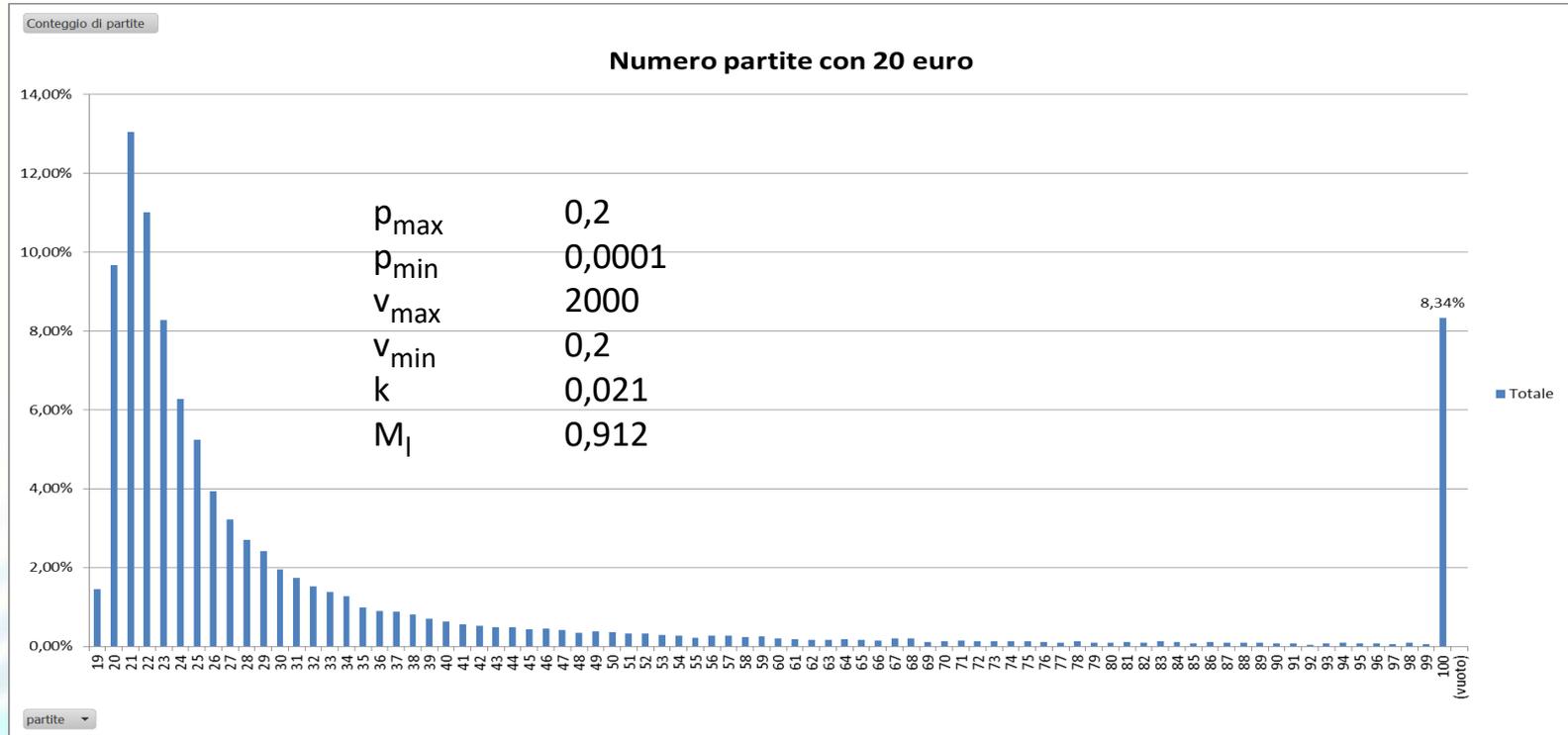
## Formulae of Chance

- Analizzando i dati di gioco reali si ricava una buona approssimazione analitica della distribuzione del monte premi:
- $$m(p) = p_{min} v_{max} - k \ln\left(\frac{p}{p_{min}}\right) \quad \text{su } [p_{min}, p_{max}]$$
- Dove  $p$  è la probabilità di una certa vincita,  $m(p)$  è la quota del monte premi associata a questa vincita, da cui si ricava che la vincita sarà  $v(p) = d(p)/p$ ;
- $p_{min}$  indica la probabilità della vincita massima  $v_{max}$  e  $p_{max}$  la probabilità della vincita minima  $v_{min}$ ; la pendenza di  $m(p)$  in funzione del logaritmo di  $p$  è  $k$ :
- $$k = \frac{p_{min} v_{max} - p_{max} v_{min}}{\ln(p_{max}) - \ln(p_{min})}$$
- La distribuzione del monte premi dipende solo dalle probabilità e dalle vincite minime e massime. Cambiando questi quattro parametri si crea la adesione ad una logica «time on device» o «life changing prize» e ad un certo payback  $M_l$ , che coincide con l'integrale del monte premi tra  $\ln(p_{min})$  e  $\ln(p_{max})$
- $$M_l = \frac{(p_{min} v_{max} + p_{max} v_{min})(\ln(p_{max}) - \ln(p_{min}))}{2}$$

# Game design

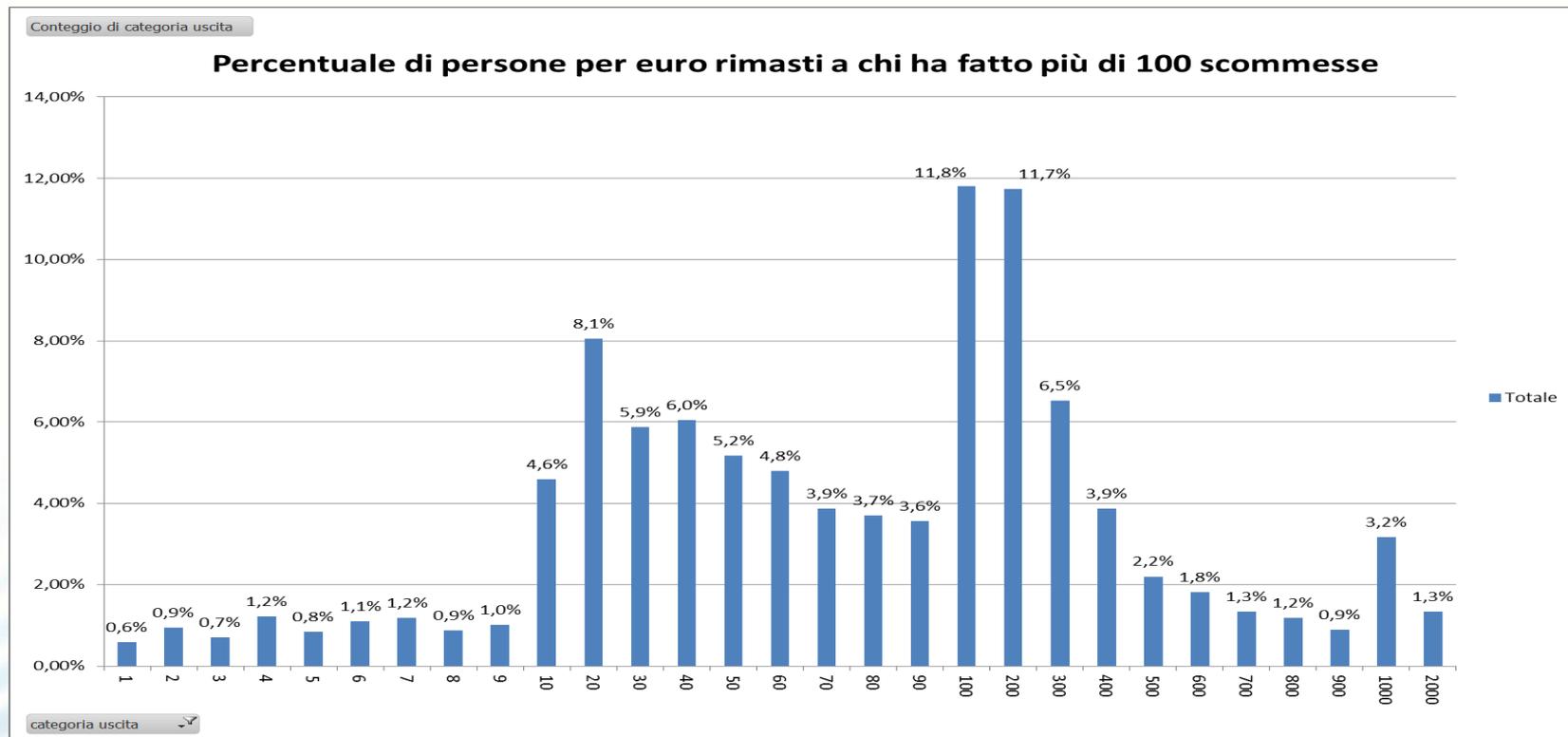


# Un esempio sulle VLT



Simulazione su 50 mila sessioni di gioco di max 100 giocate da 1 euro

## Denaro rimasto (in media 200 euro)



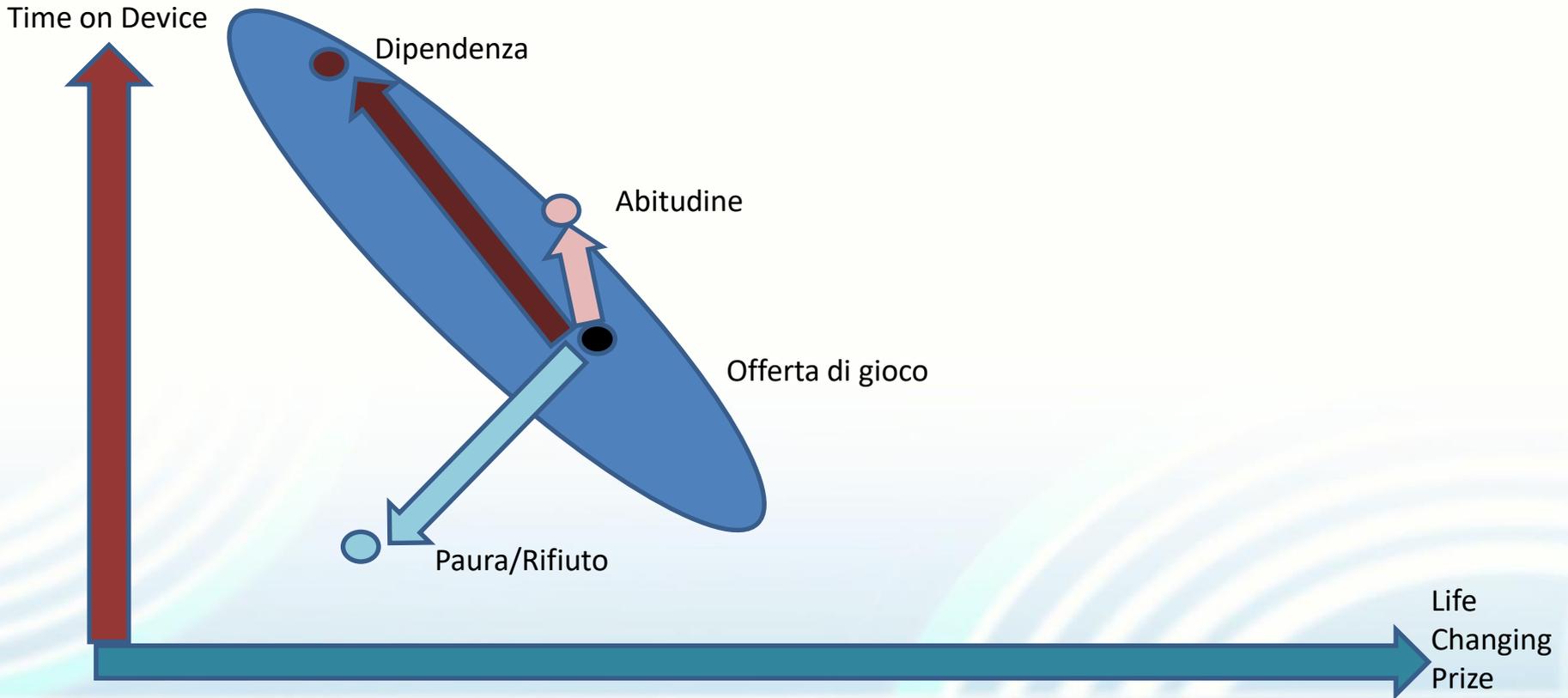
# Le conseguenze sulla esperienza di gioco

- Il motore matematico del gioco è studiato per produrre una serie di **esperienze** di gioco.
- Il giocatore percepisce la matematica sottostante attraverso la **coerenza** di queste esperienze e sceglie il tipo di gioco in funzione della propria personale «utilità funzionale» del gioco (time or win)
- Le neuroscienze hanno dimostrato che questa «**percezione di coerenza**» avviene anche per piccole variazioni dei parametri del motore probabilistico.
- Il cervello umano ha funzioni molto sofisticate di percezione della probabilità di eventi.
- Riesce a giudicare la probabilità di eventi anche molto rari che percepisce sotto forma di segnali di squilibrio dei propri controlli omeodinamici (quelle che chiamiamo «emozioni»).
- Si pensi ad esempio alle scommesse sportive nel vecchio totocalcio.  
Il giocatore, nel riempire la schedina, valutava la probabilità di un risultato confrontando la capacità di vincita delle due squadre di ogni partita.  
Questa probabilità di risultato, nota a tutti, portava a dividere il premio fra tutti quelli che avevano «indovinato» l'esito delle partite.  
Il totocalcio è un esempio di quanto sofisticata sia la possibilità di valutazione delle probabilità di eventi molto rari (la combinazione di risultati su 13 partite).  
Il gioco del totocalcio è tramontato perché il giocatore della schedina **non poteva scegliere** la distribuzione delle probabilità. Nei moderni giochi d'azzardo il giocatore può scegliere la distribuzione del monte premi, scegliendo la configurazione che rispecchia la sua utilità funzionale perché il cervello del giocatore prevede le esperienze possibili.  
Nelle attuali scommesse sportive virtuali il giocatore sceglie le varie combinazioni di esito a partire da una serie di probabilità fornite all'algoritmo di calcolo; lo stesso algoritmo che simula gli eventi della corsa per rispecchiare le probabilità date.

## Le conseguenze psicologiche

- Il giocatore, secondo la sua situazione psicologica, economica o relazionale può trovare nell'offerta di gioco una utilità funzionale **personalizzata**.
- Il problema del **gioco d'azzardo patologico** nasce quando questo equilibrio iniziale non viene più governato e l'utilità funzionale del gioco d'azzardo diventa una **esigenza esistenziale** come bere o mangiare.
- Non è ben chiaro come questo processo di **squilibrio** si attui nei sistemi decisionali del cervello.
- In Italia il gruppo NeuroGAP del CNR sta divulgando ad attori sanitari ed operatori i risultati neuro scientifici raggiunti a livello mondiale (<http://www.in.cnr.it/index.php/it/news/eventi/2-non-categorizzato/268-slides-gap>).
- Vengono chiamati in causa i sistemi cerebrali di valutazione dei rischi nelle decisioni che subiscono alterazioni sul medio e lungo periodo (ad es. perdita di sensibilità alle perdite nella zona del cervello chiamata insula), diverse da individuo a individuo, ma sempre associate alla creazione di **abitudini** che si trasformano in esigenze esistenziali, provocando gli effetti di una **dipendenza** come quella da sostanze.
- Blaszczynski, A., and Nower, L. (2002). A pathways model of problem and pathological gambling. *Addiction* 97, 487–499.
- Nel modello di Neuropsichiatria computazionale Luoglo abbiamo cercato di rappresentare il processo di sviluppo di abitudini e dipendenze.

# Il riposizionamento del giocatore



# Il paradosso

- L'attuale configurazione dell'industria del gioco d'azzardo nasce dallo sviluppo tecnologico come risposta ad una utilità funzionale del giocatore (il suo controllo personale sull'equilibrio tempo/vincita)
- I gradi di **libertà** concessi in più al giocatore rendono il gioco d'azzardo in sala più **pericoloso** di altri tipi di gioco.
- La ghettizzazione delle sale giochi rispetto ad altri luoghi di gioco, come le tabaccherie, scaturisce dalla percezione della maggiore libertà del giocatore nella relazione col gioco.
- Socialmente, vengono percepiti come meno pericolosi i giochi in cui il monte premi rappresenta il 60% del denaro scommesso, come il lotto, le lotterie istantanee e i gratta e vinci, consentendo guadagni maggiori a tutta la filiera.
- La dipendenza da gioco d'azzardo nasce anche in questi tipi di gioco se questi corrispondono ad un equilibrio tempo/vincita del giocatore che può evolvere negativamente nel tempo.

## Le soluzioni?...



High Limit Slots Wynn Las Vegas (design Roger Thomas)

Si noti la finestratura di fondo: l'apertura alla luce naturale che funge da orologio

# Modificare gli ambienti di gioco si può

- Ridurre la zona è teoricamente semplice: basta un orologio per far capire che si è in un contesto psicosociale più ampio. In esso vi sono altre abitudini (e anche dipendenze) con cui interagire.
- Primo problema: se in questo contesto più ampio non vi è corrispondenza tra le proprie azioni e i segnali che si ricevono allora la zona diventa un **rifugio** perché in essa vi è corrispondenza tra azioni e segnali.
- Secondo problema: il gioco d'azzardo sembra ridurre lo stress e contemporaneamente l'ansia (anche se esso è causa di stress e ansia al di fuori della zona) perché **risponde nella maniera attesa alle proprie azioni**.
- Ciò che ci si attende dal gioco **non è la vincita, ma la possibilità di cercarla**.
- Questa possibilità il sistema di gioco la segnala sempre in modo inequivoco: dandomi la possibilità di rigiocare.
- Il fatto che sui moderni dispositivi di gioco il **time on device** sia alto significa che la ricerca di una vincita è possibile attraverso il **segnale di vincite piccole**, ma significative.
- Nella quotidianità le cose vanno diversamente.
- Le aspettative a volte vengono frustrate per un **tempo superiore a quello percepito come necessario alla propria sopravvivenza** (l'ultimo livello di integrazione spazio-temporale delle azioni nel nostro cervello).
- Anche il gioco d'azzardo è frustrante rispetto ad uno specifico **tempo di sopravvivenza**: alcune settimane di gioco intenso possono distruggere economicamente chiunque.
- Nella zona questo tempo di sopravvivenza diviene estremamente ridotto: «**ancora una volta e poi smetto**».
- Occorre far percepire nella zona un tempo di sopravvivenza maggiore, integrare segnali temporali, individuali e sociali di più lunga durata. (Ad esempio il lusso della sala precedente fa percepire che, frequentandolo, si appartiene ad una classe sociale che possiede un tempo di sopravvivenza elevato e, forse per questo, un po' noioso).

# Elevare la propria dignità

- Per dignità intendiamo la percezione che le proprie aspettative verranno soddisfatte entro il tempo necessario alla propria sopravvivenza.
- Una famiglia che vive su un marciapiede di Calcutta può avere molta più dignità lungo tutto l'arco della sua esistenza di un candidato alla Casa Bianca, perché sa che le proprie (minime) aspettative saranno raggiunte.
- La **paura**, senza speranza, di non poter raggiungere le proprie aspettative in tempo utile alla nostra sopravvivenza ci fa perdere dignità.
- Le aspettative, nelle quali può essere messa in gioco la nostra sopravvivenza, dipendono da cosa si intende per sopravvivenza e i segnali, necessari per pensare di poter sopravvivere, dipendono dalle relazioni sociali e dalle certezze che esse ci forniscono (ad esempio il segnale del lusso nella sala citata).
- La **zona** è un abbassamento temporaneo della propria «dignità» condiviso socialmente (almeno dal gestore che me la fornisce) perché riduce **il tempo di sopravvivenza entro cui il giocatore cerca dignità**.
- La soluzione è molto semplice e al tempo stesso difficile da raggiungere: far percepire al giocatore che può sopravvivere più a lungo con aspettative migliori della semplice possibilità di rigiocare.
- Questo perché ciò che lo circonda diventa il segnale della possibile soddisfazione di queste aspettative diverse dallo scommettere ancora: può **rigiocare la propria vita**.
- **Devono essere segnali coerenti con la quotidianità fisica (tempo, meteo, sport) e socialmente disponibili (gli altri giocatori, la comunità che circonda la sala) e individualmente verificabili (progettualità e autostima)**.
- Il giocatore deve tornare a **dipendere positivamente** dal proprio corpo, dalla propria mente e dalla comunità a cui appartiene.

# Elevare la dignità sociale

- Se **la comunità a cui si appartiene non ha paura**, non pensa che sia impossibile raggiungere le proprie aspettative nell'arco di tempo necessario alla sopravvivenza della comunità nel suo insieme, tutto questo ha senso .
- Se la comunità si riduce ad un singolo individuo questo è impossibile.
- Il singolo è inevitabilmente soggetto al rischio di avere, al di fuori del gioco, del tempo di gioco d'azzardo, scarse speranze di raggiungere le proprie aspettative.
- All'estendersi delle comunità a forme troppo estese di regole sociali (come in certi paesi nordici), l'autonomia dell'individuo diventa antinomia; rifiuto del proprio nome perché la comunità non ne ha bisogno, basta il proprio ruolo. Non si ha nessuna aspettativa; la propria sopravvivenza è garantita.
- Sono le società, nel loro insieme, che perdono dignità perché hanno aspettative enormi irraggiungibili o non hanno alcuna aspettativa. Questo provoca una profonda incoerenza con la nostra natura cerebrale.
- Elevare la dignità di una società significa che tutti devono essere consapevoli che il giocatore ha gli stessi problemi di **equilibrio di aspettative e di tempo per raggiungerle**.
- Ognuno di noi condivide con gli altri un punto di equilibrio nel quale il raggiungimento delle aspettative altrui è una propria aspettativa utile alla nostra reciproca sopravvivenza.
- Aumentare il **prelievo fiscale** sul gioco d'azzardo significa aumentare la dignità del giocatore e dello Stato che condivide con esso questa attività. Con l'effetto di ridurre il tempo e le opportunità di gioco.
- Nel gioco d'azzardo fisico e in quello online l'anonimato e la non integrazione sociale del gioco e dei giocatori permettono la costruzione di zone sempre più ridotte alle quali bisogna rispondere con meccanismi antropologici noti da millenni (i ruoli, le squadre, i territori linguistici) e la storica evoluzione di essi.
- Attivare questo percorso è responsabilità di tutti. Il gioco d'azzardo potrebbe così diventare anche divertente, cioè diventa una condivisione di quella ricerca di azioni per sopravvivere che ci ha permesso di essere qui ora a parlarne.

# Il ruolo dell'intelligenza artificiale nella prevenzione

- Il sistema di prevenzione che proponiamo è una intelligenza artificiale che **analizza il comportamento dei giocatori** e fornisce comunicazioni utili per aumentare la **autoconsapevolezza del giocatore**.
- La soluzione proposta si basa su un insieme di indicazioni tratte dalle pratiche della psicologia sociale.
- Gli obiettivi di queste pratiche riguardano due aspetti:
  - La capacità di progettare il proprio futuro pianificando l'attività di gioco.
  - La capacità della comunità di giocatori di percepirsi come tale.
- Il comportamento di gioco viene analizzato in relazione al raggiungimento di questi due obiettivi.
- Questo si può ottenere mandando all'intelligenza artificiale due tipi di segnali:
  - La **coerenza** del comportamento dei giocatori **nel tempo**
  - La **coerenza** del comportamento dei giocatori tra di loro **in un certo tempo**
- L'AI manda dei segnali che costituiscono un **linguaggio** per aumentare questi due livelli di coerenza.
- Il flusso di contenuti viene calibrato sul feedback comportamentale collettivo fornito dai giocatori.
- Il mantenimento di un livello corretto di sorpresa informativa (né troppo alto né troppo basso) deve far **percepire** al giocatore questo intervento e i suoi obiettivi.
- L'**ontologia** finale percepita è una crescita di autoconsapevolezza: il giocatore comprende meglio se stesso, la comunità di giocatori comprende di essere una comunità.
- Il sistema di AI di una certa sala **evolve** assieme ai giocatori che la frequentano.
- La sua evoluzione diventa azione verso gli **psicologi sociali**, che manderanno segnali alla AI perché comprenda nuove **articolazioni** dei linguaggi di comunicazione.

# Conclusioni

- Il percorso ha due parole chiave: tempo e coerenza.
- Il **tempo** è fondamentale per definire i vincoli e i confini di una azione.
- La **coerenza** è il collante di queste azioni nel tempo.
- Questi due aspetti sono alla base del funzionamento del cervello e delle future intelligenze artificiali.
- Le diverse tipologie di **recettori** cerebrali sono caratterizzabili dal tempo del loro funzionamento. Nel cervello la coerenza è il **legame nel tempo** tra segnali ricevuti e azioni eseguite.
- Nell'intelligenza artificiale attuale il tempo è quello dell'obiettivo per cui viene costruita una certa rete.
- Nell'intelligenza artificiale futura, che consentirà l'apprendimento generalizzato, la coerenza necessaria all'incremento di apprendimento verrà introdotta da una **modularità gerarchica**.
- L'apprendimento generalizzato **reale** è soggetto a **problemi di coerenza nel tempo**.
- Di **coerenza fisica** della struttura che fa da substrato all'apprendimento generalizzato nel tempo: non può essere **sovraccaricata** da obiettivi di elaborazione e non può **deprimere** la propria attività al di sotto di una certa soglia perché riprendere il controllo coerente del contesto potrebbe richiedere un tempo che non ha.
- Questi due problemi in qualsiasi intelligenza portano ad **abitudini** per mantenere l'equilibrio cognitivo di se stessa.
- Le abitudini, se permesse dal contesto, possono diventare **dipendenza**, ossia uno stato di equilibrio adatto ad un solo specifico contesto.
- Man mano che aumenteranno l'insieme di **servizi tecnologici** il problema sarà sempre più importante. Quindi è necessario che la stessa tecnologia evolva per evitarlo.

## Lavori futuri

- Completamento della progettazione
- Implementazione del modello
- Valutazione dei risultati delle prime fasi di sviluppo del sistema di prevenzione GAP
- Estensione alle dipendenze comportamentali e all'analisi psicosociale
- Creare una mappatura del modello nella struttura del cervello per verifiche tramite tecniche imaging
- Sviluppare modelli in cui i parametri corrispondano all'azione di farmaci
- Confronto con altri modelli di neuropsichiatria computazionale



Consiglio Nazionale delle Ricerche



**ISTITUTO DI NEUROSCIENZE**



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



## **Gioco d'Azzardo Patologico-GAP**

dalla Neurobiologia Sperimentale alla Clinica

Bologna, giovedì 26 Gennaio 2017

# **QUADRO SINOTTICO**

intelligenza  
naturale artificiale sociale  
neurone deep learning trasformate ruolo  
recettore interneurone modulo funzione convoluzione regole  
ionotropico rete neurale apprendimento comportamento gioco d'azzardo  
metabotropico connectoma hebbiano catastrofico abitudine dipendenza  
tropic recettivo gating funzione di trasferimento teoria della mente  
segnale propriocettivo azione movimento linguaggio  
biochimico enterocettivo plasticità coerenza  
sviluppo nocicettivo informazione omeostasi  
selezione livelli energia equilibrio  
libera dinamico



Consiglio Nazionale delle Ricerche



**ISTITUTO DI NEUROSCIENZE**



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



## **Gioco d'Azzardo Patologico-GAP**

dalla Neurobiologia Sperimentale alla Clinica

Bologna, giovedì 26 Gennaio 2017

# **BIBLIOGRAFIA GENERALE**

# Neuroscienze dei meccanismi metabotropici

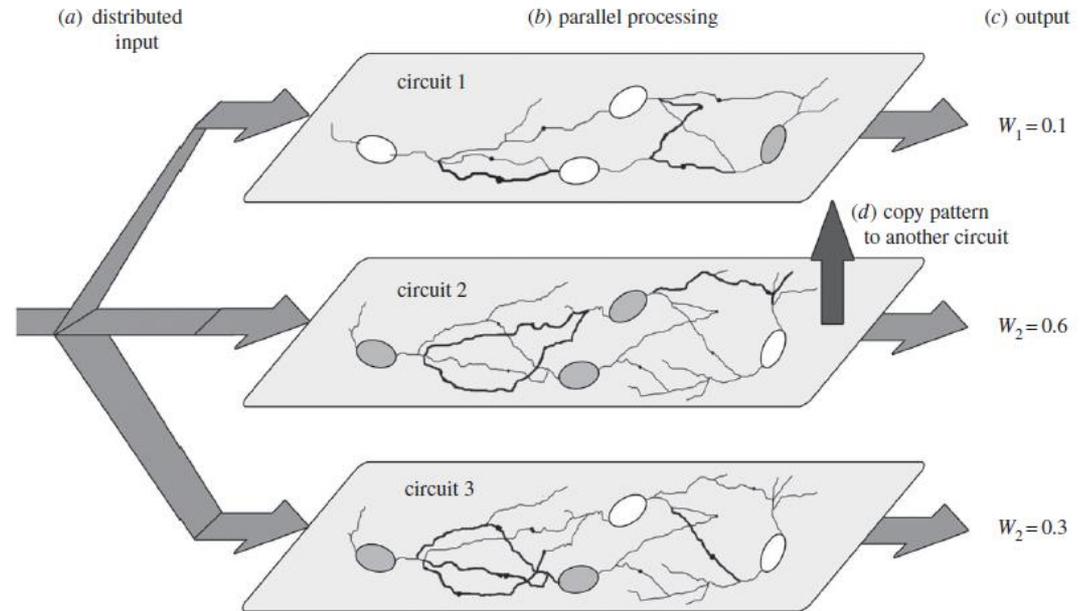
- Sengupta, B., Tozzi, A., Cooray, G.K., Douglas, P.K., and Friston, K.J. (2016). Towards a Neuronal Gauge Theory. *PLOS Biol* 14, e1002400.
- Friston, K.J., and Stephan, K.E. (2007). Free-energy and the brain. *Synthese* 159, 417–458.
- Little, D.Y., and Sommer, F.T. (2013). Learning and exploration in action-perception loops. *Front Neural Circuits* 7.
- Seamans, J.K., and Yang, C.R. (2004). The principal features and mechanisms of dopamine modulation in the prefrontal cortex. *Progress in Neurobiology* 74, 1–58.
- Clark, H., and Kurzban, R. (2006). Modularity in cognition: Framing the debate. *Psychological Review* 113, 628–647.
- Gazzaley, A., and Nobre, A.C. (2012). Top-down modulation: bridging selective attention and working memory. *Trends in Cognitive Sciences* 16, 129–135.
- Gottlieb, J., Oudeyer, P.-Y., Lopes, M., and Baranes, A. (2013). Information-seeking, curiosity, and attention: computational and neural mechanisms. *Trends in Cognitive Sciences* 17, 585–593.
- Lutz, A., Jha, A.P., Dunne, J.D., and Saron, C.D. (2015). Investigating the phenomenological matrix of mindfulness-related practices from a neurocognitive perspective. *American Psychologist* 70, 632–658.
- Sarter, M., Givens, B., and Bruno, J.P. (2001). The cognitive neuroscience of sustained attention: where top-down meets bottom-up. *Brain Research Reviews* 35, 146–160.
- Schneider, K.K., Schote, A.B., Meyer, J., and Frings, C. (2014). Genes of the dopaminergic system selectively modulate top-down but not bottom-up attention. *Cogn Affect Behav Neurosci* 15, 104–116.

## Il cervello come sistema previsivo

- Montague, P.R., Dolan, R.J., Friston, K.J., and Dayan, P. (2012). Computational psychiatry. *Trends in Cognitive Sciences* 16, 72–80.
- Hohwy, J. (2014). *The Predictive Mind* (Oxford, United Kingdom ; New York, NY, United States of America: Oxford University Press).
- Gli errori di previsione e la loro gerarchia per ridurre l'energia libera del corpo nella relazione sono il cuore del modello di Karl Friston. Tutto è governato dagli errori di previsione degli errori di previsione (precisione).
- Possiamo arrivare ad una previsione delle cause enterocettive del comportamento altrui. Il controllo ontologico permette una astrazione del comportamento.
- Pezzulo, G., Rigoli, F., and Friston, K. (2015). Active Inference, homeostatic regulation and adaptive behavioural control. *Progress in Neurobiology*.
- Ondobaka, S., Kilner, J., and Friston, K. (2015). The role of interoceptive inference in theory of mind. *Brain and Cognition*.

# Sullo sviluppo del cervello

- Lui, J.H., Hansen, D.V., and Kriegstein, A.R. (2011). Development and Evolution of the Human Neocortex. *Cell* 146.
- Ohtaka-Maruyama, C., and Okado, H. (2015). Molecular Pathways Underlying Projection Neuron Production and Migration during Cerebral Cortical Development. *Front. Neurosci* 447.
- Sengupta, B., Tozzi, A., Cooray, G.K., Douglas, P.K., and Friston, K.J. (2016). Towards a Neuronal Gauge Theory. *PLOS Biol* 14, e1002400.



**Figure 1.** Replicative neurodynamics. (a) The input is fed into several local neuronal circuits. (b) Each of these circuits evaluates the input independently, thus trying in parallel distinct spiking patterns (represented by neurons in white and grey states), weights (line thickness) and topologies, and (c) producing distinct outputs with corresponding reward/fitness values  $W$ . (d) Circuits that result in higher fitness transmit their synaptic configurations to other circuits that performed poorly (connections among circuits are assumed to exist but are not displayed in the figure, and not explicitly modelled). This parallel evaluation is repeated until an optimal solution spreads across all circuits.

Vladar, H.P. de, and Szathmary, E. (2015). Neuronal boost to evolutionary dynamics. *Interface Focus* 5, 20150074.

# Intelligenza artificiale

- Marblestone, A., Wayne, G., and Kording, K. (2016). Towards an integration of deep learning and neuroscience. arXiv Preprint arXiv:1606.03813.
- Mnih, V., Kavukcuoglu, K., Silver, D., Rusu, A.A., Veness, J., Bellemare, M.G., Graves, A., Riedmiller, M., Fidjeland, A.K., Ostrovski, G., et al. (2015). Human-level control through deep reinforcement learning. *Nature* 518, 529–533.
- LeCun, Y., Bengio, Y., and Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature* 521, 436–444.
- Yamins, D.L., and DiCarlo, J.J. (2016). Using goal-driven deep learning models to understand sensory cortex. *Nature Neuroscience* 19, 356–365.
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Deep\\_learning](https://en.wikipedia.org/wiki/Deep_learning)
- <http://www.deeplearningbook.org>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Catastrophic\\_interference](https://en.wikipedia.org/wiki/Catastrophic_interference)
- French, R.M. (2003). Catastrophic forgetting in connectionist networks. *Encyclopedia of Cognitive Science*.
- Jin, Y., and Sendhoff, B. (2006). Alleviating catastrophic forgetting via multi-objective learning. In *The 2006 IEEE International Joint Conference on Neural Network Proceedings, (IEEE)*, pp. 3335–3342.
- O’Donnell, R. (2014). *Analysis of Boolean Functions* (Cambridge University Press).
- Whitney, W.F., Chang, M., Kulkarni, T., and Tenenbaum, J.B. (2016). Understanding Visual Concepts with Continuation Learning. arXiv:1602.06822 [Cs].

# Complessità

- Grünwald, P.D., Vitányi, P.M., and others (2008). Algorithmic information theory. Handbook of the Philosophy of Information 281–320.
- Baker, A. (2013). Simplicity. In The Stanford Encyclopedia of Philosophy, E.N. Zalta, ed.
- Devine, S.D. (2014). Algorithmic Information Theory: Review for Physicists and Natural Scientists.
- Devine, S.D. (2016). Understanding how replication processes can maintain systems away from equilibrium using Algorithmic Information Theory. Biosystems 140, 8–22.
- Grunwald, P. (2004). A tutorial introduction to the minimum description length principle. arXiv:math/0406077.
- Grünwald, P., and Vitányi, P. (2010). Shannon Information and Kolmogorov Complexity.
- Li, H., and Abe, N. (1998). Generalizing case frames using a thesaurus and the MDL principle. Computational Linguistics 24, 217–244.
- Pickett, M., and Oates, T. (2005). The Cruncher: Automatic concept formation using minimum description length. In Abstraction, Reformulation and Approximation, (Springer), pp. 282–289.
- Ponnusamy, S.S., Thebault, P., and Albert, V. (2016). Towards an Ontology-Driven Framework for Simulation Model Development. In 8th European Congress on Embedded Real Time Software and Systems (ERTS 2016),.
- Potapov, A., Batishcheva, V., and Rodionov, S. (2015). Optimization framework with minimum description length principle for probabilistic programming. In Artificial General Intelligence, (Springer), pp. 331–340.

# Modelli cognitivi

- Pezzulo, G., Rigoli, F., and Friston, K. (2015). Active Inference, homeostatic regulation and adaptive behavioural control. *Progress in Neurobiology*.
- Hohwy, J. (2014). *The Predictive Mind* (Oxford, United Kingdom ; New York, NY, United States of America: Oxford University Press).
- Abdallah, S., Gold, N., and Marsden, A. (2016). Analysing symbolic music with probabilistic grammars. In *Computational Music Analysis*, (Springer), pp. 157–189.
- Brenhouse, H.C., and Andersen, S.L. (2011). Developmental trajectories during adolescence in males and females: A cross-species understanding of underlying brain changes. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 35, 1687–1703.
- Coolidge, F.L., Wynn, T., Overmann, K.A., and Hicks, J.M. (2015). Cognitive Archaeology and the Cognitive Sciences. In *Human Paleoneurology*, E. Bruner, ed. (Springer International Publishing), pp. 177–208.
- Zhou, Z.-H. (2012). *Ensemble Methods: Foundations and Algorithms* (CRC Press), pag 119.
- Robbins, S.E. (2006). Bergson and the holographic theory of mind. *Phenomenology and the Cognitive Sciences* 5, 365–394.
- Faghihi, U., McCall, R., and Franklin, S. (2012). A computational model of attentional learning in a cognitive agent. *Biologically Inspired Cognitive Architectures* 2, 25–36.
- Gottlieb, J., Oudeyer, P.-Y., Lopes, M., and Baranes, A. (2013). Information-seeking, curiosity, and attention: computational and neural mechanisms. *Trends in Cognitive Sciences* 17, 585–593.
- Vossel, S., Mathys, C., Stephan, K.E., and Friston, K.J. (2015). Cortical Coupling Reflects Bayesian Belief Updating in the Deployment of Spatial Attention. *J. Neurosci.* 35, 11532–11542.

# Modelli sociali

- Norman, G.J., Hawley, L.C., Cole, S.W., Berntson, G.G., and Cacioppo, J.T. (2012). Social neuroscience: The social brain, oxytocin, and health. *Social Neuroscience* 7, 18–29.
- Dal Monte, O., Noble, P.L., Costa, V.D., and Averbeck, B.B. (2014). Oxytocin enhances attention to the eye region in rhesus monkeys. *Frontiers in Neuroscience* 8.
- Adolphs, R. (2009). The Social Brain: Neural Basis of Social Knowledge. *Annu Rev Psychol* 60, 693–716.
- Apps, M.A.J., Lockwood, P.L., and Balsters, J.H. (2013). The role of the midcingulate cortex in monitoring others' decisions. *Front. Neurosci* 7, 251.
- Brazil, I.A., Hunt, L.T., Bulten, B.H., Kessels, R.P.C., de Bruijn, E.R.A., and Mars, R.B. (2013). Psychopathy-related traits and the use of reward and social information: a computational approach. *Frontiers in Psychology* 4.
- Lindström, B. (2014). Socially dependent avoidance learning : mechanisms of adaptive behavior (Inst för klinisk neurovetenskap / Dept of Clinical Neuroscience).
- Kempen, G. (2013). Prolegomena to a Neurocomputational Architecture for Human Grammatical Encoding and Decoding. *Neuroinform* 12, 111–142.
- Boutonnet, B., and Lupyan, G. (2015). Words jump-start vision: A label advantage in object recognition. *The Journal of Neuroscience* 35, 9329–9335.
- Chang, S.W.C., and Isoda, M. (2014). Toward a better understanding of social learning, social deciding, and other-regarding preferences. *Front. Neurosci* 8, 362.
- Franklin, S., Madl, T., D'mello, S., and Snider, J. (2014). LIDA: A Systems-level Architecture for Cognition, Emotion, and Learning. *IEEE Transactions on Autonomous Mental Development* 6, 19–41.

# Teoria della mente

- Ondobaka, S., Kilner, J., and Friston, K. (2015). The role of interoceptive inference in theory of mind. *Brain and Cognition*.
- Liu, D., Sabbagh, M.A., Gehring, W.J., and Wellman, H.M. (2009). Neural correlates of children's theory of mind development. *Child Development* 80, 318–326.
- Strauss, S., and Ziv, M. (2012). Teaching Is a Natural Cognitive Ability for Humans. *Mind, Brain, and Education* 6, 186–196.
- Chang, S.W.C. (2013). Coordinate transformation approach to social interactions. *Front. Neurosci* 7, 147.
- Kovács, Á.M., Kühn, S., Gergely, G., Csibra, G., and Brass, M. (2014). Are All Beliefs Equal? Implicit Belief Attributions Recruiting Core Brain Regions of Theory of Mind. *PLoS ONE* 9, e106558.
- von dem Hagen, E.A.H., Stoyanova, R.S., Rowe, J.B., Baron-Cohen, S., and Calder, A.J. (2014). Direct Gaze Elicits Atypical Activation of the Theory-of-Mind Network in Autism Spectrum Conditions. *Cerebral Cortex* 24, 1485–1492.
- Schilbach, L., Timmermans, B., Reddy, V., Costall, A., Bente, G., Schlicht, T., and Vogeley, K. (2013). Toward a second-person neuroscience. *Behavioral and Brain Sciences* 36, 393–414.
- Goldman, A.I. (2006). *Simulating minds: The philosophy, psychology, and neuroscience of mindreading* (Oxford University Press).
- FitzGerald, T.H.B., Dolan, R.J., and Friston, K.J. (2014). Model averaging, optimal inference, and habit formation. *Frontiers in Human Neuroscience* 8.
- Pickering, M.J., and Garrod, S. (2013). An integrated theory of language production and comprehension. *Behavioral and Brain Sciences* 36, 329–347.

# Neuropsichiatria Computazionale (1)

- Adams, R.A., Stephan, K.E., Brown, H.R., Frith, C.D., and Friston, K.J. (2013). The computational anatomy of psychosis. *Front. Psychiatry* 4, 47.
- Bystritsky, A., Nierenberg, A.A., Feusner, J.D., and Rabinovich, M. (2012). Computational non-linear dynamical psychiatry: a new methodological paradigm for diagnosis and course of illness. *Journal of Psychiatric Research* 46, 428–435.
- Corlett, P.R., and Fletcher, P.C. (2014). Computational psychiatry: a Rosetta Stone linking the brain to mental illness. *The Lancet Psychiatry* 1, 399–402.
- Durstewitz, D., and Seamans, J.K. (2008). The Dual-State Theory of Prefrontal Cortex Dopamine Function with Relevance to Catechol-O-Methyltransferase Genotypes and Schizophrenia. *Biological Psychiatry* 64, 739–749.
- Fletcher, P. (2013). Introduction: Visual Perception, Psychosis, and Computational Psychiatry. In *PERCEPTION*, pp. 155–155.
- Moustafa, A.A., Herzallah, M.M., and Gluck, M.A. (2013). Dissociating the cognitive effects of levodopa versus dopamine agonists in a neurocomputational model of learning in Parkinson's disease. *Neurodegener Dis* 11, 102–111.
- Pezzulo, G., Barsalou, L.W., Cangelosi, A., Fischer, M.H., McRae, K., and Spivey, M. (2013). Computational Grounded Cognition: a new alliance between grounded cognition and computational modeling. *Front. Psychology* 3, 612.
- Sikström, S., and Söderlund, G. (2007). Stimulus-dependent dopamine release in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Psychological Review* 114, 1047–1075.
- Takahashi, T. (2012). Quantum Decision Theory for Computational Psychiatry. *NeuroQuantology* 10.

## Neuropsichiatria Computazionale (2)

- Friston, K.J., Stephan, K.E., Montague, R., and Dolan, R.J. (2014). Computational psychiatry: the brain as a phantastic organ. *The Lancet Psychiatry* 1, 148–158.
- Gu, X., Wang, X., Hula, A., Wang, S., Xu, S., Lohrenz, T.M., Knight, R.T., Gao, Z., Dayan, P., and Montague, P.R. (2015). Necessary, yet dissociable contributions of the insular and ventromedial prefrontal cortices to norm adaptation: computational and lesion evidence in humans. *J. Neurosci.* 35, 467–473.
- Hass, J., and Durstewitz, D. (2014). Neurocomputational Models of Time Perception. In *Neurobiology of Interval Timing*, H. Merchant, and V. de Lafuente, eds. (Springer New York), pp. 49–71.
- Hélie, S., and Sun, R. (2010). Incubation, insight, and creative problem solving: A unified theory and a connectionist model. *Psychological Review* 117, 994–1024.
- Huys, Q.J., Moutoussis, M., and Williams, J. (2011). Are computational models of any use to psychiatry? *Neural Networks* 24, 544–551.
- Loizou, A., and Laouris, Y. (2010). Developing Prognosis Tools to Identify Learning Difficulties in Children Using Machine Learning Technologies. *Cogn Comput* 3, 490–500.
- Maia, T.V., and McClelland, J.L. (2012). A neurocomputational approach to obsessive-compulsive disorder. *Trends in Cognitive Sciences* 16, 14–15.
- Montague, P.R., Dolan, R.J., Friston, K.J., and Dayan, P. (2012). Computational psychiatry. *Trends in Cognitive Sciences* 16, 72–80.

## Neuropsichiatria Computazionale (3)

- Smith, P.L., and Sewell, D.K. (2013). A competitive interaction theory of attentional selection and decision making in brief, multielement displays. *Psychological Review* 120, 589–627.
- Stephan, K.E., and Mathys, C. (2014). Computational approaches to psychiatry. *Current Opinion in Neurobiology* 25, 85–92.
- Waltz, J.A., Frank, M.J., Wiecki, T.V., and Gold, J.M. (2011). Altered probabilistic learning and response biases in schizophrenia: Behavioral evidence and neurocomputational modeling. *Neuropsychology* 25, 86–97.
- Wang, X.-J., and Krystal, J.H. (2014). Computational Psychiatry. *Neuron* 84, 638–654.
- Wendling, F. (2008). Computational models of epileptic activity: a bridge between observation and pathophysiological interpretation. *Expert Rev Neurother* 8, 889–896.
- Wiecki, T.V. (2013). Sequential sampling models in computational psychiatry: Bayesian parameter estimation, model selection and classification. *arXiv Preprint arXiv:1303.5616*.
- Wiecki, T.V. (2015). Computational Psychiatry: Combining multiple levels of analysis to understand brain disorders. Brown University.
- Wiecki, T.V., and Frank, M.J. (2013). A computational model of inhibitory control in frontal cortex and basal ganglia. *Psychological Review* 120, 329–355.
- Wiecki, T.V., Poland, J., and Frank, M. (2014). Model-based cognitive neuroscience approaches to computational psychiatry: clustering and classification. *Threshold* 2, 2–2.(2016).
- Computational Psychiatry Unit. Max Planck UCL Centre for Computational Psychiatry and Ageing Research | Max Planck Institute for Human Development.

## Sulla prevenzione del GAP

- Arthur, J., Delfabbro, P., and Williams, R. (2016). Is There A Relationship between Participation in Gambling Activities and Participation in High-Risk Stock Trading? *The Journal of Gambling Business and Economics* 9, 34–53.
- Blaszczynski, A. (2013). A CRITICAL EXAMINATION OF THE LINK BETWEEN GAMING MACHINES AND GAMBLING-RELATED HARM. *The Journal of Gambling Business and Economics* 7, 55–76.
- Delfabbro, P. (2013). PROBLEM AND PATHOLOGICAL GAMBLING: A CONCEPTUAL REVIEW. *The Journal of Gambling Business and Economics* 7, 35–53.
- Forrest, D. (2013). AN ECONOMIC AND SOCIAL REVIEW OF GAMBLING IN GREAT BRITAIN. *The Journal of Gambling Business and Economics* 7, 1–33.
- Miers, D. (2013). THE RELATIONSHIP BETWEEN THE REGULATORY ENVIRONMENT GOVERNING COMMERCIAL GAMBLING AND THE SHAPE OF THE MARKET IN THE SUPPLY AND GAME PARAMETERS OF GAMING MACHINES. *The Journal of Gambling Business and Economics* 7, 111–149.
- Parke, J., and Parke, A. (2013). DOES SIZE REALLY MATTER? A REVIEW OF THE ROLE OF STAKE AND PRIZE LEVELS IN RELATION TO GAMBLING-RELATED HARM. *The Journal of Gambling Business and Economics* 7, 77–110.
- Parke, A., Harris, A., Parke, J., Rigbye, J., and Blaszczynski, A. (2015a). RESPONSIBLE MARKETING AND ADVERTISING IN GAMBLING: A CRITICAL REVIEW. *The Journal of Gambling Business and Economics* 8, 21–35.
- Parke, A., Harris, A., Parke, J., Rigbye, J., and Blaszczynski, A. (2015b). FACILITATING AWARENESS AND INFORMED CHOICE IN GAMBLING. *The Journal of Gambling Business and Economics* 8, 6–20.
- Parke, J., Parke, A., Harris, A., Rigbye, J., and Blaszczynski, A. (2015c). RESTRICTING ACCESS: SELF-EXCLUSION AS A GAMBLING HARM MINIMISATION MEASURE IN GREAT BRITAIN. *The Journal of Gambling Business and Economics* 8, 52–94.
- Adami, N., Benini, S., Boschetti, A., Canini, L., Maione, F., and Temporin, M. (2013). Markers of unsustainable gambling for early detection of at-risk online gamblers. *International Gambling Studies* 13, 188–204.