
Sfidare l'ansia da matematica con l'aiuto delle scienze cognitive

Niente nella vita deve essere temuto, solo compreso. Ora è il momento di comprendere di più per temere di meno.

Marie S. Curie

Luciana Ciringione, Edoardo De Duro, Massimo Stella

*CogNosco Lab,
Dipartimento di Psicologia e
Scienze Cognitive,
Università di Trento*

Comunicare la conoscenza scientifica è una sfida complessa, che viaggia su molteplici dimensioni. Si pensi di dover comunicare la scoperta della radioattività: comunicatore e ricevitori si scambiano non solo nozioni scientifiche (sul decadimento), ma anche percezioni emotive (sul fascino della scoperta), esperienze di vita vissuta (da Madame Curie) e ragionamenti logici (mirati a catturare l'attenzione). Questi aspetti realizzano una comunicazione complessa, che però spesso deve passare da aspetti matematici (la legge di decadimento, i modelli atomici). Quando questi concetti inducono ansia disfunzionale, si parla di ansia da matematica: un fenomeno che può essere compreso e ridotto solo grazie ad approcci multidisciplinari, a cavallo tra scienze cognitive, fisico-matematiche e della complessità.

Introduzione

Comunicare la scienza è un processo complesso. In questo caso l'accezione complesso non è da intendersi come sinonimo di complicato ma piuttosto come un aggettivo che denota una grande presenza di sfaccettature e fenomeni contemporaneamente presenti, i cui esiti non possono essere capiti singolarmente [1]. Le scienze della complessità studiano infatti sistemi come quello della comunicazione scientifica, dove molteplici elementi, fenomeni e processi intervengono insieme nella intricata creazione di nuovi comportamenti, conoscenze e *pattern*. Trovare il modo adeguato di comunicare scienza è qualcosa di complesso perché vuol dire avere a che fare con una serie di processi psicologici attraverso vari livelli, non tutti legati al dominio di riferimento, cioè lo specifico settore scientifico considerato. Comunicare la scienza può essere visto come un caso specifico di atto comunicativo, il quale in generale richiede la ricerca, la selezione

ne e la produzione di informazioni, da parte di un comunicatore, secondo modalità specifiche, comprensibili e di interesse per i riceventi [2].

La complessità di chi trasmette conoscenza. Memoria, strategie cognitive e aspetti non-cognitivi

Le scienze cognitive possono offrire anni e anni di evidenza sperimentale e teorica riguardo alcuni processi principali che concorrono al fenomeno complesso della comunicazione scientifica [2, 3]. Infatti, la comunicazione parte con una ricerca di informazioni nella mente del comunicatore, che affronta una serie di operazioni, potenzialmente non in sequenza ma dipendenti tra di loro, elencate qui sotto.

- **Raccolta di nozioni e competenze all'interno della memoria cognitiva**, che è il sistema che immagazzina conoscenza a livello mentale. Comunicare la scienza richiede specificamente accesso a due componenti della memoria cognitiva [3]:
 - (i) la conoscenza di dominio, cioè il *set* di conoscenze legate a un tema specifico,
 - (ii) la memoria esecutiva, cioè una memoria specifica addetta a caricare e manipolare simboli logici.

Ad esempio, comunicare la scoperta delle equazioni di Maxwell richiede il richiamo di nozioni (ad esempio portatori di carica, campi, ecc.) dalla conoscenza di dominio ma anche competenze di manipolazione dei simboli matematici, tramite memoria esecutiva, per eventualmente scrivere le formule delle equazioni. Più nel dettaglio [3, 4], la conoscenza di dominio rappresenta tutte le nozioni concettuali e di contesto che costituiscono la conoscenza che un/a esperto/a avrebbe di un dato argomento. Vanno distinte nozioni di dominio e competenze di dominio: le nozioni costituiscono principalmente ciò che è importante sapere sugli aspetti dell'informazione che si vuole veicolare (ad esempio sapere cosa è un'equazione), mentre le competenze costituiscono tutti gli aspetti utili a contestualizzare, legare

e mettere in pratica le nozioni (ad esempio sapere come si risolve un'equazione).

- **Accesso a nozioni e competenze nella memoria cognitiva**. Tale accesso può essere guidato e/o rafforzato da avvenimenti episodici o autobiografici. Il ricordare eventi, persone o accadimenti specifici può facilitare, ma a volte anche inibire, il richiamo alla mente di determinate nozioni [5]. Diversi filoni di ricerca recenti evidenziano come la memoria autobiografica ed episodica di tali eventi possa interagire fortemente con la conoscenza di dominio e con la memoria esecutiva ma anche con quella semantica, contribuendo al recupero della conoscenza [6].
- **Richiamo e strutturazione delle nozioni e delle competenze caricate tramite linguaggio**. Questo passaggio è fondamentale per attuare una comunicazione scientifica orale o scritta e richiede di richiamare alla mente concetti e idee nella giusta sequenza dalla cosiddetta memoria semantica [6], cioè un sistema cognitivo atto a immagazzinare e produrre qualsiasi tipo di informazione esprimibile tramite il linguaggio.
- **Attivazione di eventuali strategie metacognitive di ricerca dell'informazione**, che facilitino la navigazione dei vari aspetti di memoria cognitiva sopra riportati. Queste strategie possono includere processi affini alla creatività, intesa come l'abilità di connettere informazioni apparentemente remote, o alla curiosità scientifica o ad altre tecniche di richiamo ed esplorazione della conoscenza [3].
- **Interazione con la sfera emotiva e coi tratti della personalità**. Sebbene le emozioni e la loro gestione non ricadano nella definizione formale di cognizione, esse hanno un impatto profondo nel facilitare o inibire il richiamo di informazioni dalla memoria cognitiva [6]. Eventi traumatici possono facilitare la memorizzazione ma anche inibire il richiamo completo di nozioni o competenze, contribuendo così a costruire attitudini di chiusura e negatività. Emozioni positive possono invece contribuire a creare un vero

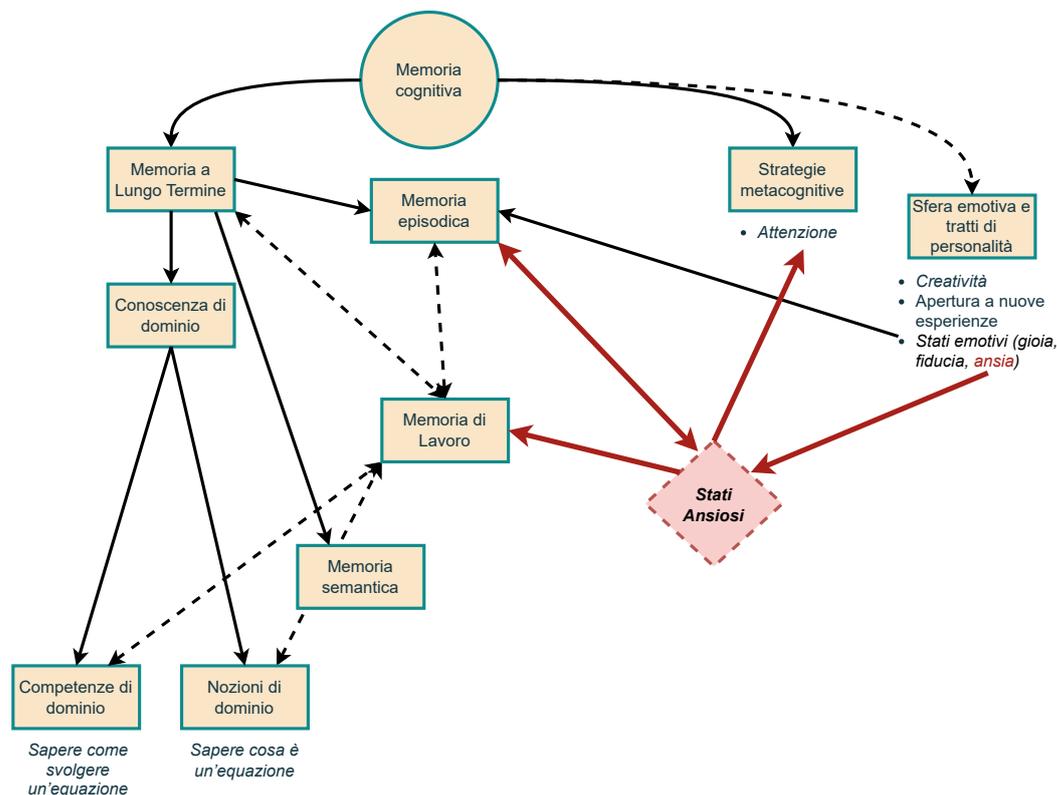


Figura 1: Schematizzazione di alcuni aspetti psicologici e cognitivi che portano alla sintesi di conoscenza comunicata da un dato comunicatore.

e proprio capitale sociale che faccia da scudo a eventi traumatici e faciliti l'acquisizione ma anche il richiamo alla mente di nozioni e competenze anche in situazioni di stress [7]. Infine, tratti della personalità come la l'apertura a nuove esperienze o il nevroticismo [8] possono influire notevolmente sul richiamo di informazioni ma anche sulla loro interiorizzazione, svolgendo dunque un ruolo primario nella comunicazione [3].

Questi aspetti rappresentano un sistema complesso poiché non avvengono in una sequenza rigida e uguale per tutti gli individui [6]. I vari aspetti della memoria e i meccanismi che la regolano creano, invece, un sistema affascinante ma anche profondamente intricato [3].

La complessità di chi recepisce conoscenza. La teoria del *dual coding* e il duplice ruolo giocato dall'ansia

Ad aumentare il grado di complessità della comunicazione scientifica contribuisce anche il fat-

to che la conoscenza, una volta ricordata, strutturata e comunicata dal comunicatore, va poi recepita dai riceventi. Anche l'acquisizione di tale informazione è legata a molteplici processi psicologici [2], tra i quali figurano l'attenzione, l'aspetto emotivo/istintivo e il ragionamento logico/interiorizzante. L'attenzione è un vero e proprio filtro di informazione, messo in atto per ridurre la quantità di conoscenza che viene processata dal ricevente. Porre l'attenzione su particolari aspetti conoscitivi e comunicativi vuol dire dare anche meno rilevanza a informazioni contestuali e dunque facilitare i processi di acquisizione e comprensione dell'informazione comunicata. L'attenzione però richiede grande sforzo e non è una strategia cognitiva che può persistere a lungo nel tempo [3]. Questo vuol dire che una comunicazione scientifica efficace deve essere in grado di rinnovare in modo modulare e iterativo l'attenzione dei riceventi, al fine di facilitare la trasmissione di competenze e nozioni. Il ragionamento emotivo/istintivo e quello

logico/interiorizzante vengono effettuati dai riceventi sulla base di due sistemi cognitivi distinti [2], che lavorano in parallelo ma con tempistiche decisamente differenti. Secondo la teoria del *dual coding* [2], vastamente supportata da evidenze scientifiche, quando un ricevitore si trova di fronte a una nuova porzione di conoscenza si attiva immediatamente il ragionamento emotivo e, più lentamente, anche quello logico. Il secondo tipo di ragionamento può anche essere interrotto/inibito dal primo. Se il ragionamento emotivo si basa su risposte rapide a semplici aspetti della comunicazione, principalmente legati a percezioni visive, uditive ed emotive, il ragionamento logico richiede molto più tempo e un dispendio maggiore di risorse cognitive. I ricevitori possono dunque fare uno sforzo modesto o notevole nel comprendere quanto loro comunicato e le emozioni possono influenzare enormemente il completamento dell'acquisizione di nuova informazione. Emozioni positive, come gioia o fiducia [7], possono indicare come positivo e piacevole un dato pezzo di informazione e quindi promuovere la prosecuzione sia del ragionamento intuitivo che di quello logico, migliorando le probabilità di successo della comunicazione scientifica. Emozioni negative, come il disgusto [7], possono invece interrompere il ragionamento intuitivo e sopprimere anche quello logico, portando ad attitudini di chiusura in cui la comunicazione fallisce.

Un ruolo duale è giocato dall'ansia, che pur si caratterizza come emozione a valenza negativa e quindi spiacevole. Secondo diverse teorie emotive, tra le quali spiccano quelle di Plutchik o Ekman [7], l'ansia è un meccanismo evolutivo utile per fronteggiare minacce. Immaginiamo di essere in una foresta rigogliosa. Suoni placidi e alberi verdeggianti possono tranquillizzare. La consapevolezza di poter potenzialmente incontrare un pericoloso predatore, invece, potrebbe alterare il nostro comportamento. In preda alla paura di poter incontrare una minaccia esterna, il nostro corpo reagirebbe con sintomi spiacevoli (ad esempio secchezza delle fauci, battito cardiaco accelerato, rigidità muscolare, ecc.) che ci porterebbero ad essere più vigili e cauti [8]. L'ansia modificerebbe il nostro comportamento in modo da evitare di incontrare il predatore (ad esempio non fare rumore per non attirare l'at-

tenzione). Non percepire l'ansia potrebbe invece indurci a comportamenti sconsiderati e con esiti potenzialmente nefasti. Pertanto, l'ansia porta ad un vantaggio evolutivo [7,9] e si tratta di un'emozione che continua ad accompagnare anche donne e uomini moderni, anche se ben al riparo da predatori e foreste ignote. Livelli moderati di ansia possono aiutare la vita quotidiana. Percepire un brutto voto come una minaccia imminente può aiutare gli studenti a studiare meglio per un esame. L'ansia di fare una brutta figura può motivare meglio i docenti a preparare una lezione per tempo. Livelli lievi o al più moderati di ansia possono essere funzionali a promuovere comportamenti virtuosi e legati ad ottenere una qualche ricompensa, evitando potenziali esiti negativi. Il problema insorge quando lo stato ansioso è innescato da elementi che non rappresentano delle gravi minacce, generando risposte disfunzionali [4].

Comunicare scienza in presenza di ansia può essere estremamente problematico, soprattutto per quanto riguarda le materie STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*). Tali materie si basano in maniera fondamentale sul ragionamento logico ma anche sulla manipolazione di strumenti di misurazione e di modellizzazione matematica [5]. Ad esempio, comunicare agli studenti la scoperta della radioattività da parte di Marie Curie richiede, ad un livello superficiale, delle intenzioni comunicative legate all'episodio in sé (una scienziata scopre un fenomeno naturale sulla base delle proprie ricerche) ma poi a questa narrazione superficiale se ne aggiunge un'altra di natura fisico-matematica, volta a spiegare cosa sia la radioattività in termini di nuclei e processi di decadimento. Questa seconda narrazione, più logica e approfondita, sfrutta dei modelli [1]: rappresentazioni matematiche semplificate del mondo circostante i cui funzionamenti più semplici ma logici permettono di fare previsioni o di comprendere meglio alcuni aspetti, non tutti, purtroppo, della realtà. Comprendere e comunicare questi modelli potrebbe apparentemente essere slegato dal gergo matematico studiato a scuola, eppure gli stessi modelli atomici in grado di spiegare la radioattività sono comunque basati sulla matematica e su conoscenze operative a cavallo tra fisica, matematica e scienze naturali. Identificare dunque il

legame tra narrazione superficiale e modellistica nella comunicazione scientifica è fondamentale: si tratta di un'abilità che si può sviluppare grazie ad un approccio complesso, dove si cerca di mantenere intatti più livelli conoscitivi insieme per dare una migliore rappresentazione della realtà che ci circonda [5]. Mantenere integra la complessità della realtà passa allora anche per la comunicazione di una parte della realtà matematica. Ciò a sua volta richiede la trasmissione e la comprensione di ragionamenti matematici che, tuttavia, potrebbero essere influenzati dall'ansia stessa.

Negli ultimi decenni, la comunità scientifica ha cercato di comprendere meglio tali fallimenti della comunicazione scientifica proprio in relazione all'ansia.

Ansia da scienza. Stereotipi, attitudini negative e conseguenze

L'ansia da scienza è un fenomeno portato alla ribalta da studi a cavallo tra psicologia dello sviluppo e scienze dell'educazione negli anni Settanta [9]. L'ansia da scienza è uno stato ansioso innescato da una percezione distorta della scienza, vista come qualcosa di alieno, che richiede enormi sacrifici per poter essere compreso e padroneggiato. L'ansia da scienza si caratterizza con molteplici sfaccettature, legate alle diverse discipline che incarnano l'approccio scientifico. L'ansia da STEM si concentra sulle discipline più storicamente legate ad una tradizione quantitativa, dove il fallimento è più comune per via di propedeuticità mancanti (ad esempio non saper calcolare un logaritmo può impedire il calcolo di una derivata). Inoltre, in tali discipline, il fallimento assume spesso un ruolo più affine ad una minaccia terribile piuttosto che ad una occasione di apprendimento e di crescita [9]. L'ansia da matematica è un tipo particolare di ansia da STEM e di ansia da scienza, legata ad una percezione distorta della matematica ed esacerbata dalla presenza di molteplici stereotipi [4, 10]

In psicologia sociale, uno stereotipo è un tipo di conoscenza di facile uso e consumo su un gruppo sociale [5]. Anche gli stereotipi offrono un vantaggio evolutivo, analogo a quanto possono offrire livelli lievi o moderati di ansia. Essere a conoscenza di uno stereotipo riguardante una

o più persone comporta la possibilità di avere informazioni a riguardo e di regolare immediatamente, senza effettuare ragionamenti complessi, il proprio comportamento. Tale rapidità è però proprio insita nella semplicità delle informazioni a disposizione e dello stereotipo stesso. A sua volta, questa semplicità comporta considerevoli probabilità di errore. Ad esempio, lo stereotipo "i ragazzi sono più bravi delle ragazze in matematica" non trova riscontro in diverse statistiche compiute a livello internazionale [4], eppure comporta una sorta di informazione parziale che potrebbe ipoteticamente permettere, sbagliando, a qualcuno di prevedere la *performance* accademica in matematica in funzione del genere biologico di un individuo [4]. Altri stereotipi possono legare la personalità o il benessere mentale al successo accademico, ad esempio "genio e sregolatezza vanno insieme, gli scienziati più di successo hanno tutti qualche rotella fuori posto", oppure instaurare meccanismi negativi di insoddisfazione e giustificazione della propria assenza di motivazione, ad esempio "solo i più bravi possono avere successo in matematica". Tutte queste visioni semplicistiche e distorte della realtà possono danneggiare enormemente la comunicazione scientifica, precludendola di fatto a vaste platee di discenti altrimenti perfettamente in grado di intraprendere carriere di successo nel mondo della scienza.

Stereotipi e ansie disfunzionali purtroppo hanno impatti significativi sugli esiti accademici, sul benessere psicologico e anche sullo sviluppo tecnico-scientifico della nostra società [4, 9]. Con l'avvento dell'intelligenza artificiale, della scienza dei dati e col progresso scientifico, saper comprendere e sviluppare tecnologie STEM all'avanguardia avrà un impatto sempre maggiore sul progresso economico di una società, come indicato anche dal finanziamento di 650 milioni di euro svolto dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), destinato a potenziare la didattica STEM (Decreto Ministeriale 65/23). Al fine di non escludere o allontanare risorse eccellenti da percorsi di futuro impatto sociale, cosa possiamo fare? Costruire maggiore consapevolezza sul tema affrontato, concentrandosi sull'ansia da matematica.

Focus sull'ansia da matematica: Breve excursus storico

L'ansia da matematica viene identificata e descritta per la prima volta nel 1954 da Sorella Mary de Lellis Gough [11]. Con un dottorato di ricerca in matematica conseguito nel 1931, Sorella Gough dedicò buona parte della propria carriera alla didattica della matematica e coniò il termine **mathemaphobia** sulla base delle proprie osservazioni nella pratica didattica. Sorella Gough identificò come episodi negativi legati alla matematica e interazioni sociali distorte avessero lasciato il segno su diversi discenti, in particolar modo in giovani studentesse di grande talento. L'idea di un disturbo d'ansia legato alla matematica venne poi adottato dalla comunità scientifica e sviluppato attraverso molteplici dimensioni, complice anche l'avvento delle scienze cognitive e di nuovi strumenti di indagine quantitativa in ambito psicologico come le scale psicometriche, cioè sequenze di eventi lette e valutate dagli individui. Gli scienziati cognitivi Richardson e Suinn [10] nel 1972 idearono la *Mathematics Anxiety Rating Scale* (MARS), una sequenza di eventi caratterizzanti l'ansia da matematica in relazione al risolvere esercizi matematici o affrontare domande di esame in ambito tecnico-matematico. Leggendo ogni frase, ciascuna relativa a un evento specifico, i rispondenti alla scala psicometrica potevano dire quanto frequentemente si sentissero in ansia ad effettuare una data operazione o in un dato contesto. Analizzando le correlazioni tra i responsi in un gruppo di partecipanti, gli autori dello studio identificarono tre aspetti principali dell'ansia da matematica, ovvero situazionale (ad esempio ansia da esame di matematica), sociale (ad esempio confronto tra pari quando alla lavagna) e cognitivo (ad esempio influenze dell'ansia sulla memoria). Ancora oggi, sebbene riadattato in vari contesti educativi diversi, la MARS è uno degli strumenti psicometrici, di misura di fenomeni psicologici, più usati al mondo. Nonostante lo studio originale del 1972 abbia testato lo strumento MARS su studenti e studentesse al primo anno dei loro studi universitari di matematica, una larga fetta dello studio fu dedicata alla ricerca bibliografica di evidenze nell'ansia da matematica in giovani insegnanti. Questa valutazione sottolinea un

aspetto oggi maggiormente documentato dell'ansia da matematica [4]: quest'ansia non interessa solo i discenti ma anche i comunicatori e può dunque essere trasmessa quando si comunicano le scienze (ad esempio genitori che aiutano i figli a fare i compiti di matematica o in contesti di gruppo classe). L'ambiente sociale riveste un ruolo fondamentale nella trasmissione di tale ansia ad altre persone. Per esempio, commenti estremamente negativi da parte di insegnanti o pari, possono provocare stati di vergogna ed incrementare l'influenza disfunzionale dell'ansia da matematica. In aggiunta, se fin da piccoli si instillano nelle persone giudizi negativi sulla matematica, questo può portare alla creazione di ulteriori stereotipi negativi difficili da sradicare in età adulta [9].

Studi successivi hanno spostato l'attenzione dagli aspetti sociali a quelli cognitivi. L'ansia da matematica rappresenta un sistema complesso [4], interessato dai medesimi livelli di ricerca dell'informazione relativi alla comunicazione scientifica (cf. Figura 1). Livelli eccessivi di ansia da matematica impediscono la raccolta di nozioni all'interno della memoria cognitiva, inibiscono l'attivazione e il recupero delle competenze operative e, crucialmente, riducono considerevolmente il quantitativo di memoria esecutiva massima da poter utilizzare per manipolare simboli logici [3]. Si pensi alla seguente analogia: in un moderno PC, la RAM permette di eseguire programmi e potrebbe essere pensata come la memoria esecutiva di un computer. Se l'ansia da matematica potesse colpire un PC, ipotesi intrigante viste le nuove intelligenze artificiali come ChatGPT, allora, tra le altre cose, essa ridurrebbe enormemente la quantità di RAM a disposizione. Cosa succederebbe ad un PC che normalmente ha 12 giga di RAM e che si ritrovasse improvvisamente ad operare con solo 1 giga di RAM a disposizione? Rallentamenti o blocchi totali. In modo analogo, l'ansia da matematica sottrae importanti risorse cognitive ai discenti [4], che diventano incapaci di caricare e manipolare simboli logici, bloccandosi. Lo stato ansioso può anche ridurre l'attenzione e rendere ancora più difficile per i discenti capire su quale tipo di competenze concentrarsi durante la risoluzione di un problema matematico. Infine, l'ansia da matematica può essere potenziata da memorie autobiografiche

o episodiche negative (ad esempio un docente o un genitore che ha instillato vergogna o ansia disfunzionali), la cui attivazione nella memoria cognitiva rafforza gli stati ansiosi. Tutte queste connessioni rendono l'ansia da matematica un fenomeno complesso e particolarmente rilevante nella comunicazione della scienza, soprattutto in ambito didattico. Come riuscire a mappare la presenza di ansia da matematica, e le sue possibili sorgenti, all'interno di un gruppo classe o di una *data audience*?

Uno strumento per indagare l'ansia matematica: le Forma Mentis Networks

L'importanza dei fattori individuali nell'indagare e combattere l'ansia matematica rende necessario l'utilizzo di strumenti specifici. Le Behavioral Forma Mentis Networks (BFMN) [12] rappresentano un metodo innovativo finalizzato ad indagare come un individuo o un gruppo di individui associa o percepisce le idee, i.e. struttura la propria *forma mentis* o *mindset*. Adoperando la scrittura di libere associazioni connesse a concetti stimolo (ad esempio "Quali sono le prime tre parole che le vengono in mente quando sente la parola matematica?") è possibile indagare la *forma mentis* di un individuo, ovvero il suo personale modo di associare idee e concetti senza alcuna indicazione specifica. In questo senso, la BFMN è una rappresentazione di associazioni concettuali legate alla memoria semantica ma anche alla conoscenza di dominio e alla memoria autobiografica dell'individuo. Le BFMN sono quindi reti di associazioni concettuali multidimensionali, in grado di riflettere pattern associativi specifici della memoria cognitiva di un singolo comunicatore o ricevente. Un individuo affetto da ansia da matematica, nel task del BFMN, leggendo la parola stimolo "matematica" potrebbe pensare immediatamente a "frustrante", "desolante" e "terribile".

Questo sarebbe già un primo sintomo importante di una percezione distorta ma lascerebbe da parte la percezione emotiva attribuita al concetto stesso. Le BFMN cercano di fare di più, legando la rappresentazione semantica delle associazioni tra concetti a percezioni emotive. Una volta

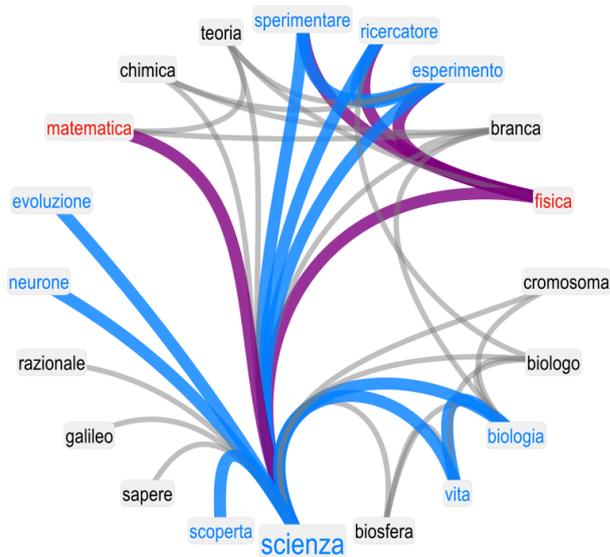


Figura 2: In questa rete forma mentis, il concetto di "scienza" viene connotato positivamente (colore blu) e associato anche a molte altre parole percepite positivamente. Le uniche due eccezioni sono "matematica" e "fisica", che risultano essere gli unici concetti connotati da una valenza emotiva negativa (colore rosso) e associazioni conflittuali (colore viola). Immagine adattata da [12].

raccolte le libere associazioni, all'individuo viene anche chiesto di valutare il livello di piacevolezza/spiacevolezza, ovvero la valenza emotiva [12], di quelle stesse parole scritte. Il risultato sarà una struttura a grafo con connessioni tra ogni parola stimolo e i suoi responsi, tutte fornite e valutate dall'individuo come positive, negative o neutrale. Le BFMN rappresentano quindi delle vere e proprie mappe concettuali arricchite da percezioni emotive, dove ogni parola sarà indicata con un colore specifico per indicare il livello di piacevolezza (blu), spiacevolezza (rosso) e neutralità (grigio). Le combinazioni di parole positive (negative, neutrale) riflettono associazioni positive/blu (negative/rosse, neutrale/grigie). Associazioni tra parole positive e negative esprimono invece associazioni conflittuali, in viola.

L'interattività tra percezioni e associazioni permette di usare le BFMN come strumento psicometrico in grado di adattarsi alla positività, negatività o al conflitto del modo di percepire e associare idee di un individuo. Questo permette di selezionare poche parole stimolo concrete, che però poi portino alla costruzione di una re-

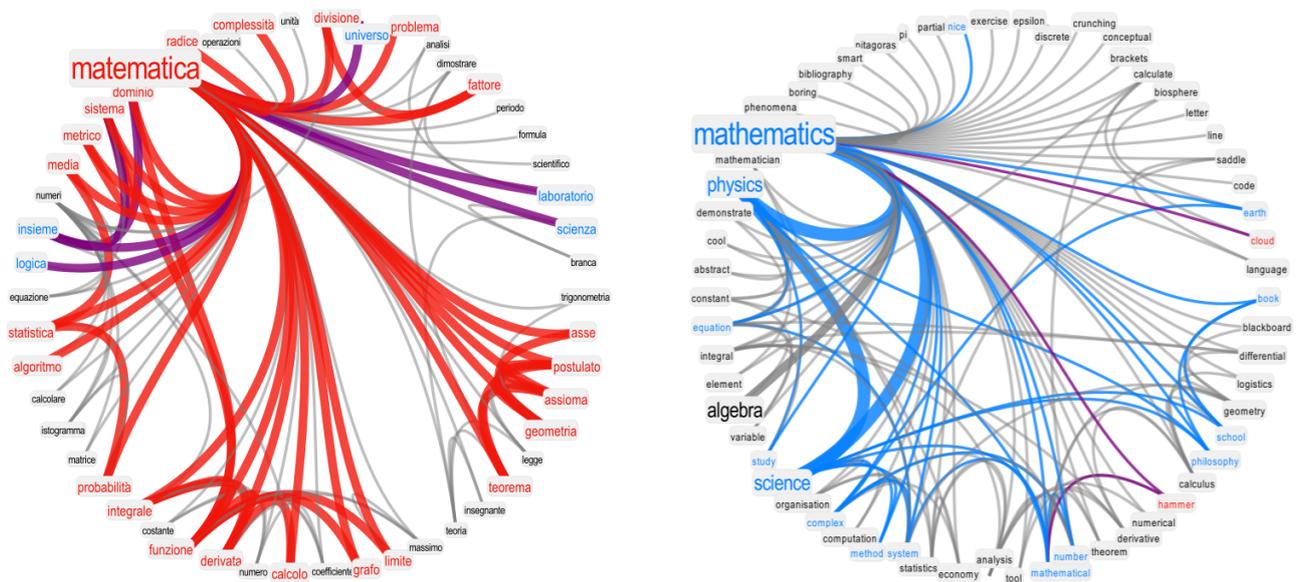


Figura 3: Visualizzazione delle reti forma mentis per la parola “matematica” in 159 studenti delle scuole secondarie di secondo grado (a sinistra) e 59 esperti ricercatori STEM (a destra). Il set di associazioni relative alla parola “matematica” degli studenti è per lo più negativo, mentre gli esperti ricercatori STEM associano la matematica a concetti positivi. Adattata da [12].

te in grado di adattarsi in modo cognitivo alla memoria di un dato rispondente. In questo modo, è possibile avere una mappatura della forma mentis del singolo individuo o di un gruppo con caratteristiche analoghe (ad esempio Figura 2).

In uno studio [12], sono state rappresentate le forma mentis di 159 studenti di materie STEM e 59 ricercatori STEM, per indagare come tali gruppi percepiscano le materie STEM. L’analisi delle reti forma mentis ha indicato che, come i ricercatori, gli studenti percepiscono la scienza come un’entità fortemente positiva, cioè un concetto positivo associato da molti altri concetti positivi (cf. Figura 2), soprattutto in associazione con parole come “esperimento”, “scoperta”, “vita”, “biologia”. Tuttavia, gli studenti hanno anche identificato materie STEM come “fisica” e “matematica” come negative e le hanno associate ad altri concetti negativi legati alle discipline STEM (ad esempio Figura 3 per “matematica”).

Uno dei vantaggi delle reti *forma mentis* rispetto ai questionari psicometrici standard è la componente semantica adattiva [5]: la rete si adatta alla memoria cognitiva dei rispondenti alle associazioni, coprendo aspetti che potrebbero sfuggire a liste di eventi pre-compilate nei questionari standard. L’adattività è una caratteristica fondamentale da avere quando si sondano sistemi complessi come il riflesso cognitivo della

comunicazione. Osservando la Figura 3 si può vedere come il contenuto semantico e le percezioni emotive delle associazioni fornite da 159 studenti italiani e da 59 ricercatori internazionali siano profondamente diverse, pur essendo tutte relative al concetto di “matematica”. Se i ricercatori associano nelle loro memorie cognitive il concetto di “matematica” con associazioni come “fisica”, “scienza”, “scoperta”, “conoscenza” e “natura”, queste associazioni sono assenti negli studenti. La *forma mentis* ricostruita dalla BFMN restituisce una percezione negativa della matematica da parte degli studenti intervistati, tutti maturandi in licei scientifici. I 159 studenti intervistati hanno associato la matematica a diverse nozioni di dominio (ad esempio equazione, assioma, prova, integrale, derivata, grafo), indicando una consapevolezza della disciplina in questione. Molti di questi concetti sono però stati percepiti in modo negativo e compongono un set di associazioni a “matematica” prevalentemente negative.

Le associazioni e le percezioni emotive di un dato concetto lo caratterizzano [4]. Questa denotazione nasce dalla capacità delle memorie semantica, autobiografica ed episodica di richiamare alla mente concetti che co-occorrono frequentemente o sono simili tra loro [3]. Ricostruire le *forma mentis networks* permette allora anche di

capire la caratterizzazione data a un certo concetto vedendone le associazioni [5]. Pertanto, il set di associazioni costituisce una sorta di contesto semantico, popolato da percezioni positive, neutrali o negative che a loro volta costituiscono un'aura emotiva, attribuita al concetto stesso. Per esempio, "matematica" in Figura 3 possiede un'aura emotiva negativa negli studenti perché associata principalmente a concetti negativi. Tramite un'analisi con dati esterni, lo studio che ha introdotto le BFMN ha anche verificato quantitativamente che concetti negativi circondati da un'aura emotiva negativa suscitano ansia [12]. Dunque, la *forma mentis* ricostruita in Figura 3 è un modo basato su dati cognitivi per evidenziare la presenza di ansia nella percezione della matematica in studenti italiani di liceo.

A cosa è legata questa ansia da matematica? Confrontando la *forma mentis* degli studenti con quella dei ricercatori, emerge subito che i primi non associano la matematica a mezzi di esplorazione del mondo naturale o di acquisizione della conoscenza. La percezione ansiogena degli studenti è invece profondamente incentrata sulle tecniche di calcolo, che, finì a loro stesse, perdono di finalità e vengono percepite come negative o potenzialmente frustranti [12].

L'analisi delle *forma mentis networks* permette quindi di evidenziare stati di ansia da matematica anche in popolazioni di studenti che sono a conoscenza di diverse metodologie e tecniche di calcolo ma finiscono per avere una percezione della matematica stereotipata, dominata dai calcoli. In tale percezione distorta, la matematica non è vista, purtroppo, come strumento fondamentale per conoscere ed esplorare, anche con creatività, il mondo naturale, che è invece il modo in cui ricercatori internazionali percepiscono tale disciplina.

Strategie per affrontare l'ansia matematica

All'interno di qualsiasi contesto comunicativo, come quello didattico, è possibile far uso delle reti *forma mentis* per inquadrare le emozioni negative associate alle discipline STEM. La psicologia e le scienze cognitive, infatti, possono aiutare non solo a svelare livelli di ansia ma anche

a intervenire attivamente per ridurli o, meglio, prevenirli.

Per superare le barriere poste dalle percezioni negative alla matematica, è essenziale adottare approcci comunicativi che tengano conto delle diverse dimensioni dell'esperienza umana. La comunicazione scientifica non dovrebbe limitarsi a trasmettere dati e fatti, ma dovrebbe anche tener conto delle emozioni e delle percezioni degli individui. Come suggerito da [13], l'uso di storie e narrazioni può rendere i concetti scientifici più accessibili e coinvolgenti, facilitando così la comprensione e riducendo l'ansia associata. Questo può essere fatto attraverso l'uso di metafore, analogie e *storytelling*, che possono rendere i concetti scientifici più accessibili e significativi per un pubblico più ampio.

Bisogna prestare attenzione, quindi, nella comunicazione, innanzitutto a cogliere il contesto entro cui lo scambio di informazioni avviene. Questo permetterà la scelta di un linguaggio appropriato nel far cogliere al meglio all'Altro le informazioni scambiate, evitando ambiguità e presentando associazioni concettuali di interesse e di facile acquisizione [4]. Secondariamente, è utile porre il *focus* sulla base di conoscenza pregressa dell'Altro, soprattutto quando questa relazione non è paritaria, come nel caso mentore – discente. Avere consapevolezza del livello di partenza, e quindi dei bisogni, dell'Altro, permette di avere uno scambio di informazioni non solo più inclusivo, poiché l'altra persona si sente accolta nei suoi bisogni e di conseguenza più favorevole all'apertura, ma anche maggiormente efficace.

Se comunicatore e ricevente riescono a guardare nella stessa direzione, a potenziare lo scambio di vedute e valorizzare l'elemento caratterizzante che ciascuno può portare nello scambio, allora sarà anche più semplice identificare il potenziale nascosto delle informazioni acquisite e di ogni protagonista della comunicazione. Come evidenziato anche da [12], le reti *forma mentis* possono aiutare a visualizzare e comprendere le relazioni complesse tra gli atteggiamenti, le credenze e i comportamenti degli individui, fornendo così un quadro più completo per affrontare le sfide della comunicazione scientifica. La comprensione delle dinamiche comportamentali può favorire lo sviluppo di strategie più efficaci per comunicare

la scienza in modo accessibile e coinvolgente.

In conclusione, superare percezioni distorte e ansie legate alla comunicazione della scienza, soprattutto in ambienti didattici, richiede un impegno collettivo e complesso, da parte dei protagonisti della comunicazione, della didattica e del mondo della ricerca scientifica. Attraverso approcci innovativi e inclusivi, possiamo rendere la scienza più accessibile, comprensibile e, soprattutto, meno ansiogena per ognuno di noi.



- [1] M. Stella: *Mapping the perception of “complex systems” across educational levels through cognitive network science*, International Journal of Complexity in Education, 1 (2020) 1.
- [2] D. Kahneman: *Thinking, fast and slow*, Mac Millan, New York (2011).
- [3] H. L. Roediger III, F. Craik: *Varieties of memory and consciousness: Essays in honour of Endel Tulving*, Psychology Press, Londra (2014).
- [4] M. Stella: *Network psychometrics and cognitive network science open new ways for understanding math anxiety as a complex system*, Journal of Complex Networks, 10 (2022) cnac012.
- [5] M. Stella: *Forma mentis networks reconstruct how Italian high schoolers and international STEM experts perceive teachers, students, scientists, and school*, Education Sciences, 10 (2020) 17.
- [6] L. Renoult, P. S. R. Davidson, D. J. Palombo, M. Moscovitch, Morris, B. Levine: *Personal semantics: at the crossroads of semantic and episodic memory*, Trends in cognitive sciences, 16 (2012) 550.
- [7] J. Lee, C. Kim, Cheongtag: *A Structure of basic emotions: A review of basic emotion theories using an emotionally fine-tuned language model*, Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society University of California, Merced (2023).
- [8] P. F. Lovibond, S. H. Lovibond, Sydney H: *The structure of negative emotional states: Comparison of the Depression Anxiety Stress Scales (DASS) with the Beck Depression and Anxiety Inventories*, Behaviour research and therapy, 33 (1995) 335.
- [9] J. V. Mallow: *Science anxiety: research and action*, Handbook of college science teaching, Citeseer, Princeton (2006).
- [10] F. C. Richardson, R. M. Suinn: *The mathematics anxiety rating scale: Psychometric data*, Journal of counseling Psychology, 19 (1972) 551.
- [11] Sister M. F. Gough: *Why failures in mathematics? Mathemaphobia: Causes and treatments*, The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas, 28 (1954) 290.

[12] M. Stella, S. De Nigris, A. Aloric, C. S. Q. Siew, Cynthia: *Forma mentis networks quantify crucial differences in STEM perception between students and experts*, PloS one, 14 (2019) e0222870.

[13] K. Dunbar: *How scientists really reason: Scientific reasoning in real-world laboratories*, in R. J. Sternberg & J. E. Davidson (Eds.), *The nature of insight*. The MIT Press, Boston (1995) p. 365.



Luciana Ciringione: È psicologa, psicoterapeuta in formazione e assegnista di ricerca postdoc al CogNosco Lab (Dipartimento di Psicologia e Scienze Cognitive - DIPSCO, Università di Trento). La sua ricerca si concentra su aspetti cognitivi e non-cognitivi di individui con vario tipo di distress psicologico.

Edoardo De Duro: È studente magistrale di Scienze Cognitive, indirizzo *human-computer interactions*. Tirocinante e tesista al CogNosco Lab (DIPSCO, Università di Trento), studia il comportamento dei modelli di intelligenza artificiale in ambito *mental health*.

Massimo Stella: Professore su chiamata diretta dall'estero e direttore del CogNosco Lab (DIPSCO, Università di Trento). Fisico divenuto poi scienziato cognitivo, si occupa di *knowledge modelling* e sviluppa modelli di psicomatria basati su reti cognitive e intelligenza artificiale.