Le interviste di I.S.A.

A cura di Anna Maria De Luca

Prosegue la serie di interviste con cui l'Italian Scientists Association fa conoscere ai propri soci i colleghi che ne fanno parte e il lavoro che portano avanti. Questa volta incontriamo **Massimiliano Ferrara**, socio ISA e professore ordinario di Economia matematica all'Università Mediterranea di Reggio Calabria.

Con lui parliamo di matematica come linguaggio dell'intelligenza artificiale, di neuroni artificiali e biologici, di decisioni, di modelli e di Mezzogiorno. E, come in ogni intervista della serie, anche di possibili ponti con il lavoro degli altri soci.

SCHEDA

Massimiliano Ferrara è professore ordinario di Economia matematica all'Università Mediterranea di Reggio Calabria. Alla Mediterranea insegna Economia matematica, Intelligenza artificiale e Machine Learning ed è direttore scientifico del Decisions_LAB del Dipartimento DiGiES, componente della Commissione Scientifica di Ateneo. È research affiliate dell'ICRIOS dell'Università Bocconi, collabora con un laboratorio di calcolo avanzato dell'Istanbul Okan University ed è professore onorario dell'Istanbul Aydın University. Presiede il comitato scientifico del centro di ricerca MEDAlics. Ha diretto il Dipartimento Cultura, Università e Ricerca della Regione Calabria ed è stato prorettore dell'Università per Stranieri «Dante Alighieri». È Associate Editor della prestigiosa rivista internazionale *Annals of Operations Research* nonché Editor in Chief e Membro del Comitato scientifico di altre 12 riviste internazionali ad alto impatto.

La sua ricerca nasce dalla geometria differenziale e dall'ottimizzazione su varietà riemanniane e si estende alla teoria dei giochi (equilibri di Nash, giochi differenziali di inseguimento ed evasione), ai sistemi dinamici e ai modelli epidemici, fino al machine learning, alle dinamiche multi-tempo delle reti neurali, al quantum computing applicato alla finanza e all'intelligenza artificiale spiegabile e affidabile. È autore del volume *Intelligenza Artificiale Affidabile* (EGEA, seconda edizione 2026, prefazione di Paolo Benanti). Figura nella classifica Stanford/Elsevier dei World's Top 2% Scientists, è Cavaliere della Repubblica Italiana e nel 2026 la Georgian National University SEU di Tbilisi gli ha conferito il dottorato honoris causa in Informatica.

Intervista al professor Massimiliano Ferrara

Professor Ferrara, a Tbilisi ha ricevuto il dottorato honoris causa con una lezione sulla matematica come linguaggio universale di un'intelligenza affidabile. Che cosa intende?

Intendo che la fiducia in un sistema di intelligenza artificiale non può poggiare solo sulle sue prestazioni. Un modello che funziona bene sui dati di ieri non ci dice nulla su come si comporterà davanti a una situazione nuova. La matematica offre ciò che l'osservazione empirica non può dare: garanzie. Un teorema di convergenza, un limite di stabilità, una proprietà di convessità valgono ovunque, a Tbilisi come a Reggio Calabria. In questo senso la matematica è un linguaggio universale: permette a ingegneri, giuristi, economisti e cittadini di condividere criteri verificabili su che cosa significhi "affidabile". Nel mio libro sull'IA affidabile ho cercato proprio di tradurre principi etici e normativi, come quelli dell'AI Act europeo, in proprietà formali che si possono dimostrare o falsificare.

Perché teoria dei giochi, topologia e geometria sono decisive per avere un'IA spiegabile e verificabile?

Perché descrivono la struttura dei problemi, non solo i loro numeri. Molti dati vivono naturalmente su spazi curvi: matrici di covarianza, distribuzioni di probabilità, configurazioni di rete. Trattarli come se fossero piatti produce errori sistematici. La geometria riemanniana consente di ottimizzare rispettando quella curvatura, e in questo contesto la convessità geodetica garantisce che un algoritmo trovi una

soluzione unica e interpretabile. La teoria dei giochi entra in scena quando più agenti, umani o artificiali, interagiscono: un sistema di IA inserito in un mercato o in un'organizzazione è un giocatore, e l'equilibrio di Nash ci dice dove quel sistema finirà davvero. Negli ultimi anni ho lavorato sugli equilibri di Nash su varietà riemanniane proprio per unire questi due mondi. La topologia, infine, ci dice che cosa resta invariato quando i dati cambiano, ed è lì che si nasconde la robustezza.

Oggi usiamo strumenti di IA che nemmeno chi li costruisce sa spiegare fino in fondo. È un problema scientifico o anche etico?

È entrambe le cose, e le due dimensioni non si separano. Sul piano scientifico, un modello che non sappiamo spiegare è un modello di cui non conosciamo i limiti di validità. Sul piano etico, quando quel modello decide chi ottiene un credito, una polizza o una cura, l'opacità diventa una questione di diritti. Una persona ha diritto a comprendere perché è stata valutata in un certo modo. Non credo però che la risposta sia rinunciare ai modelli potenti. La strada è costruire architetture in cui la potenza predittiva conviva con stati interpretabili e con garanzie formali. Nei miei lavori recenti sulla previsione finanziaria, ad esempio, usiamo decomposizioni di tipo Matrix Pencil che rendono leggibili le componenti dinamiche che il modello sta usando.

Una parte della sua ricerca riguarda il parallelismo tra le funzioni di attivazione delle reti neurali e le sinapsi del cervello. Di che cosa si tratta?

Nel cervello un neurone riceve segnali da migliaia di altri neuroni attraverso le sinapsi. Ogni sinapsi rafforza o attenua il segnale che la attraversa, il neurone integra questi contributi e risponde solo se lo stimolo complessivo supera una certa soglia, con un'intensità che non cresce all'infinito ma tende a saturare. Le reti neurali artificiali riproducono questa logica in forma astratta: i pesi giocano il ruolo dell'efficacia sinaptica, mentre la funzione di attivazione è la regola matematica che decide se e quanto il neurone artificiale "si accende". Può sembrare un dettaglio tecnico, ma non lo è. Una sigmoide si comporta come un neurone che satura, una ReLU come un neurone che resta silente sotto soglia e risponde in modo proporzionale sopra di essa. Da questa scelta dipendono la velocità con cui la rete impara, la sua stabilità e perfino il modo in cui bilancia l'esplorazione di nuove opzioni e lo sfruttamento di quelle già note, che è il cuore di ogni processo decisionale. Nei miei lavori abbiamo studiato proprio come le diverse funzioni di attivazione cambino la qualità delle decisioni prese da reti neurali avanzate. Più di recente ho spinto il parallelismo su un altro piano, quello del tempo. Il cervello lavora su più scale temporali insieme: la trasmissione di un impulso è rapidissima, mentre la plasticità sinaptica, cioè il modo in cui le connessioni si rafforzano con l'esperienza, è molto più lenta. Mi piace paragonarlo a un'orchestra in cui ogni sezione segue il proprio tempo ma tutte contribuiscono alla stessa esecuzione. Le reti neurali multi-tempo che studio cercano di catturare questa struttura con gli strumenti della geometria, e di dimostrare quando una rete resta stabile e quando invece amplifica gli errori. Non si tratta di copiare il cervello, che resta enormemente più ricco di qualunque modello. Si tratta di imparare dalla biologia principi di organizzazione che rendano l'intelligenza artificiale più robusta e, soprattutto, più comprensibile.

Lei è un economista matematico. Che cosa può dire la matematica sulle decisioni umane che l'economia tradizionale non vede?

L'economia tradizionale ha spesso privilegiato l'equilibrio statico e l'agente perfettamente razionale. La matematica permette di vedere le traiettorie: come si arriva a un equilibrio, se ci si arriva, e che cosa succede quando le credenze degli agenti sono incerte o divergenti. Nei giochi bayesiani possiamo modellare la fiducia, ad esempio quella dei cittadini nella Pubblica Amministrazione, come una variabile che si aggiorna e che può innescare circoli virtuosi o viziosi. Nei modelli di crescita di lungo periodo possiamo individuare soglie critiche oltre le quali un sistema cambia regime. La matematica rende visibili le non linearità, le soglie e le dipendenze dal percorso, cioè proprio gli aspetti in cui le decisioni umane sorprendono.

Che cosa fa il Decisions_LAB e quali sono i progetti più importanti in corso?

Il Decisions_LAB è un laboratorio di scienza delle decisioni che mette insieme matematici, economisti,

informatici e giovani ricercatori. Ci occupiamo di modelli quantitativi per decisioni in condizioni di incertezza, con applicazioni alla finanza, alle imprese, alla Pubblica Amministrazione e alla governance dell'IA. Un filone importante riguarda il quantum computing applicato: metodi a kernel quantistici per la finanza, su cui abbiamo presentato risultati anche in sede di banche centrali, e attività di calcolo su infrastrutture europee di supercalcolo. Un altro riguarda l'IA nella Pubblica Amministrazione, dagli appalti pubblici alla capacità amministrativa. Lavoriamo poi sul rischio delle catene di fornitura strategiche, come semiconduttori e terre rare, e sull'adozione dell'IA generativa nelle organizzazioni. Il laboratorio è anche un luogo di formazione: molti dei nostri lavori nascono dalle tesi di dottorato e diventano pubblicazioni internazionali.

Ha lavorato anche sui modelli epidemici. Che cosa ci ha insegnato la pandemia sul rapporto tra modelli matematici e decisioni politiche?

Ci ha insegnato che un modello è uno strumento per ragionare, non un oracolo. Durante la pandemia molti modelli sono stati comunicati come previsioni puntuali, mentre la loro funzione più preziosa era esplorare scenari e quantificare l'incertezza. Quando un decisore riceve un numero senza la sua banda di errore, prende decisioni fragili. La seconda lezione riguarda la tempestività: i dati arrivano sporchi, in ritardo e con ritmi irregolari, e i modelli devono essere costruiti per convivere con questo. Ancora oggi lavoriamo su serie epidemiologiche con metodi che uniscono decomposizione del segnale e modellazione della volatilità. La terza lezione è istituzionale: servono canali stabili tra comunità scientifica e decisori, costruiti prima dell'emergenza e non durante.

È stato anche dentro le istituzioni, alla guida del dipartimento Ricerca della Regione Calabria. Che cosa ha imparato su come si governa la ricerca?

Ho imparato che la ricerca si governa con la continuità più che con i grandi annunci. I bandi straordinari sono utili, ma ciò che fa crescere un sistema è la prevedibilità: calendari certi, regole stabili, valutazioni trasparenti. Ho imparato anche quanto sia difficile tradurre il linguaggio della scienza in quello dell'amministrazione e viceversa. Chi fa ricerca spesso sottovaluta i vincoli procedurali, chi amministra spesso sottovaluta i tempi lunghi della scoperta. Servono figure ponte, capaci di parlare entrambe le lingue. È anche per questo che oggi dedico energie alla formazione in europrogettazione: una regione che non sa intercettare i fondi europei rinuncia a una parte del proprio futuro scientifico.

Il Sud riesce a trattenere i suoi talenti scientifici? Che cosa servirebbe davvero?

Riesce a formarli, e molto bene. Trattenerli è un'altra questione. I giovani non partono solo per gli stipendi, partono per l'ecosistema: gruppi di ricerca vivi, infrastrutture, possibilità di carriera chiare, una rete internazionale. Servirebbe quindi meno retorica sul rientro e più investimento nelle condizioni che rendono attrattivo restare. Penso a posizioni stabili per i ricercatori più giovani, ad accesso reale al calcolo avanzato, a collaborazioni strutturate con atenei e centri esteri. La mobilità in sé non è un male: un talento che va all'estero e mantiene un legame con il suo territorio è una risorsa. Il problema nasce quando la partenza è a senso unico. Il nostro obiettivo al Decisions_LAB è proprio rendere possibile fare ricerca internazionale stando a Reggio Calabria.

Che cosa dovrebbe sapere di matematica un cittadino, oggi, per non subire gli algoritmi?

Non serve saper scrivere un algoritmo, serve saper fare tre domande. La prima: su quali dati è stato costruito? Un sistema riflette il mondo da cui ha imparato, con i suoi squilibri. La seconda: con quale incertezza mi viene data questa risposta? Una probabilità non è una certezza, e un punteggio non è un giudizio. La terza: che cosa sta ottimizzando? Ogni algoritmo massimizza qualcosa, e non sempre coincide con l'interesse di chi lo usa. Dietro queste domande ci sono nozioni elementari di probabilità, statistica e ottimizzazione che dovrebbero far parte della cultura civica, come la capacità di leggere un testo. Una cittadinanza che possiede questi strumenti è una cittadinanza che può pretendere trasparenza.

Che cosa sta trascurando oggi la sua disciplina, o che cosa dovrebbe affrontare in modo diverso?

Credo che l’economia matematica abbia talvolta inseguito l’eleganza formale perdendo il contatto con le domande sociali più urgenti. Al tempo stesso, il machine learning ha spesso privilegiato la prestazione empirica trascurando le garanzie teoriche. Il terreno più fertile sta nell’incontro tra le due tradizioni: modelli che siano insieme rigorosi e utili. C’è poi un tema che riguarda la comunità scientifica in quanto tale: il funzionamento dell’editoria accademica, i sistemi di citazione, gli incentivi alla revisione. Sono meccanismi economici a tutti gli effetti, e possono essere studiati e migliorati con gli stessi strumenti che usiamo per i mercati. Infine, la disciplina dovrebbe confrontarsi di più con il calcolo quantistico, che cambierà il modo in cui affrontiamo l’ottimizzazione.

In che modo l’ISA potrebbe contribuire al suo lavoro?

L’ISA ha una caratteristica preziosa: riunisce ricercatori italiani di discipline e paesi diversi. Per chi lavora su modelli matematici questo è fondamentale, perché i problemi più interessanti arrivano quasi sempre da altri campi. Un medico con dati clinici, un ingegnere con un sistema da ottimizzare, un neuroscienziato che studia la plasticità sinaptica, un giurista che si interroga sulla responsabilità degli algoritmi: ciascuno porta domande che da solo non avrei formulato. L’ISA può anche aiutare a dare visibilità alla ricerca che si fa nel Mezzogiorno e a connetterla con i colleghi italiani all’estero, facilitando scambi di dottorandi, seminari congiunti e progetti europei.

Concretamente, quali ponti si possono costruire con il lavoro degli altri soci?

Vedo diversi terreni. Il primo è la salute: modelli epidemici, previsione di serie cliniche, valutazione economica degli interventi sanitari. Il secondo sono le neuroscienze, perché il dialogo tra neuroni biologici e artificiali funziona davvero solo se biologi e matematici lavorano insieme sugli stessi dati. Il terzo è la finanza e il rischio, inclusi rischio climatico e catene di fornitura strategiche, dove servono competenze di settore che il nostro laboratorio non ha. Il quarto è la governance dell’IA, che richiede il dialogo tra matematici, informatici, giuristi e studiosi di etica. Sul piano operativo, sarei felice di ospitare al Decisions_LAB seminari di soci ISA, di co-supervisionare dottorandi e di costruire insieme proposte per i programmi europei. Accogliamo volentieri anche colleghi interessati alle nostre iniziative sul quantum computing applicato e alle sessioni speciali che organizziamo nei convegni internazionali.

Che messaggio vorrebbe lanciare ai colleghi e ai soci ISA?

Che la fiducia è la vera infrastruttura della scienza. Lo è nei confronti dei sistemi di intelligenza artificiale, che dobbiamo rendere verificabili, e lo è tra di noi, perché le collaborazioni più fertili nascono da relazioni costruite nel tempo. Ai colleghi più giovani direi di non avere paura di attraversare i confini disciplinari: la matematica è un passaporto che vale ovunque. A tutti direi che una rete come l’ISA ha senso se diventa un luogo dove le idee circolano e si trasformano in progetti. Io e tutte le ricercatrici e i ricercatori del Decisions_LAB siamo pronti a instaurare nuove e sfidanti collaborazioni.