

Reti neurali e robot sociali: nuove prospettive per una didattica inclusiva

Neural networks and social robots: new perspectives for inclusive education

PAOLA PAVONE SALAFIA*

RIASSUNTO: Le reti neurali artificiali e i neuroni specchio sono due sistemi che presentano un legame ricco di implicazioni per il futuro dell'Intelligenza Artificiale. Nel presente contributo si esplorano le compromissioni sociali dell'Autism Spectrum Disorder, in relazione al ruolo cognitivo del sistema specchio; dimostrando che l'imitazione e la sincronizzazione motoria mediata dai robot sociali può favorire e attivare questi meccanismi neurali, promuovendo l'apprendimento sociale e l'empatia.

PAROLE-CHIAVE: reti neurali, neuroni specchio, robot sociali, disturbo dello spettro autistico.

ABSTRACT: Artificial neural networks and mirror neurons are two systems that share a fascinating connection with significant implications for the future of Artificial Intelligence. This contribution explores the social impairments associated with Autism Spectrum Disorder in relation to the cognitive role of the mirror system, demonstrating how imitation and motor synchronization facilitated by social robots can engage and activate these neural mechanisms, promoting social learning and empathy.

KEY-WORDS: neural networks, mirror neurons, social robots, autism spectrum disorder.

* Università Europea di Roma.

1. Autismo e *vitality forms*: il ruolo dei neuroni specchio nell'apprendimento socio-emotivo

Le reti neurali artificiali (Artificial Neural Networks) sono costituite da un insieme di sistemi interconnessi tra loro che simulano le funzioni dei neuroni biologici cerebrali. Similmente ai neuroni umani, che attraverso la plasticità sinaptica e la formazione di connessioni, favoriscono l'apprendimento e lo scambio di informazioni, le ANNs si basano su centinaia di migliaia di neuroni artificiali che cooperano e interagiscono tra loro, tramite modelli di machine learning, con lo scopo di simulare il modo in cui i neuroni biologici comunicano.

Esiste una connessione rilevante tra le reti neurali artificiali e i neuroni specchio, che seppur differenti, condividono analogie significative sia dal punto di vista architettonico che funzionale; le ANNs infatti, simulano il comportamento dei neuroni specchio del cervello e ne presentano una struttura simile, caratterizzata da unità interconnesse in grado di apprendere attraverso dati e esempi che si attivano in risposta all'osservazione ripetuta.

Proprio grazie all'implementazione di tali funzioni, le ANNs, replicando i meccanismi dei neuroni specchio, potrebbero essere utilizzate per sviluppare robot educativi capaci di interagire con gli esseri umani in modo più naturale e spontaneo possibile, soprattutto in contesti in cui le abilità di base e le interazioni sociali risultano compromesse.

Le ricerche neuroscientifiche hanno evidenziato come il cervello, organo complesso e in parte ancora inesplorato, si avvalga di meccanismi neurali specializzati, quali i neuroni *mirror*, per spiegare alcune funzioni sociali, rivolte al mondo esterno. Focalizzandoci maggiormente sui processi attraverso cui il cervello elabora le informazioni: *il come*, piuttosto che sulla localizzazione specifica: *il dove*, ciò che emergerebbe è l'associazione di più regioni attraverso un sistema integrato. Negli esseri umani, tali neuroni individuati nelle aree premotorie «hanno la funzione di attivare le relazioni intersoggettive, senza le quali non solo non vi sarebbe sviluppo cognitivo, ma non esisterebbero neppure quei legami sociali che sono alla base di ogni idea di comunità» (Rizzolatti, Gnoli, 2018).

Possiamo definire i neuroni specchio come un sistema neurale che si attiva sia quando compiamo un'azione, sia quando osserviamo la stessa azione compiuta da qualcun altro. Tale attivazione ci permette

di comprendere lo scopo e l'intenzione delle azioni altrui, grazie alla condivisione di un medesimo meccanismo neurale. Alla luce di ciò, la relazione empatica con gli altri risulta essere significativa e strettamente legata al sistema senso-motorio, il quale ci permette di interpretare le azioni altrui e di pianificare simultaneamente le proprie. Ed è proprio questo meccanismo, inconscio, che rappresenta il prerequisito dell'imitazione.

Grazie ai neuroni specchio, l'uomo ha potuto iniziare il proprio apprendimento per imitazione. Riuscendo, così, a leggere l'azione altrui come fosse la propria e scoprendo in tal modo una condivisione di gesti e comportamenti fino a quel momento inesistente o problematica. Se, come accade attraverso l'azione, tendiamo a imitare gli altri, allora possiamo dedurre che guardiamo gli altri come fossimo noi stessi. Come se noi stessi virtualmente ci riflettessimo in uno specchio (Rizzolatti, Gnoli, 2018).

Uno tra gli aspetti maggiormente interessanti, legati alla scoperta dei neuroni specchio, è la possibilità di analizzare nuove e diverse prospettive per lo studio dei comportamenti sociali. Le persone manifestano livelli di empatia molto diversi tra loro; considerando che ciascuno possiede un sistema di neuroni specchio che permette di "riflettere" le emozioni degli altri, cosa causa queste variazioni individuali, che talvolta risultano determinanti?

Daniel Stern (2010), noto psicologo e psichiatra statunitense, ha introdotto una nuova prospettiva di ricerca sull'analisi delle interazioni sociali connesse ai neuroni specchio; il concetto di *vitality forms* viene impiegato da Stern per descrivere il "come" delle azioni, ovvero il modo in cui queste si manifestano all'interno delle relazioni interpersonali. Le sue ricerche, condotte sia nei bambini a sviluppo tipico che nei bambini con disturbo dello spettro autistico, hanno evidenziato che la percezione delle forme di vitalità – le quali rappresentano la base della comunicazione prelinguistica e dell'interazione sociale che caratterizza le relazioni umane – sia notevolmente compromessa nei soggetti con difficoltà sociale e comunicativa, come i bambini con disturbo dello spettro autistico.

L'aumento dell'incidenza di tale disabilità nella popolazione scolastica generale ha determinato recenti progressi nella ricerca scientifica, a supporto di interventi educativi efficaci per favorire lo sviluppo di comportamenti prosociali.

L'Autism Spectrum Disorder (ASD) rappresenta una delle disabilità neuroevolutive di maggiore complessità, che seppur con differenti sfumature sotto il profilo clinico, condivide una compromissione specifica nei suoi tre domini:

- Interazione sociale
- Comunicazione verbale e non verbale
- Repertorio ristretto di comportamenti, interessi o attività ripetitive.

In riferimento allo sviluppo dei comportamenti prosociali, è importante tenere in considerazione il ruolo delle capacità di imitazione e di condivisione dell'attenzione; in altri termini, la possibilità di condividere l'attenzione su un interlocutore, potrebbe essere considerata elemento centrale per la compensazione delle difficoltà sociali e per lo sviluppo di comportamenti prosociali nella persona con ASD (Ganz, Simpson, 2018).

Ed è proprio questo uno tra i promettenti obiettivi della Robotica Sociale sull'implementazione di interventi educativi per studenti con disturbo dello spettro autistico, basati sulla capacità di facilitare la condivisione dell'attenzione con il partner comunicativo, grazie alla mediazione di un dispositivo robotico (Fontani, 2019).

2. Reti neurali e robotica sociale: l'innovazione dell'Intelligenza Artificiale

Cuore dei robot sociali è l'Intelligenza Artificiale che, come sostiene Flowers, è nata dall'assunto per cui la relazione intercorrente tra stati mentali e reazioni corporee rifletterebbe, sotto molti punti di vista, quella tra hardware e software (2019). Ne deriva che gli stati mentali si traducono in stati funzionali o computazionali e questo, di conseguenza, ha permesso lo sviluppo dell'AI come una modalità per spiegare e comprendere la mente.

L'idea di base è quella di simulare il cervello umano mediante piccole unità di calcolo che richiamano i neuroni, collegate da *sinapsi digitali*, attraverso cui scorrono gli impulsi, generando così algoritmi di apprendimento che, in seguito a un processo di addestramento, permettono ai

sistemi di intelligenza artificiale di apprendere sempre nuovi comportamenti e funzionalità dall'interazione con l'ambiente esterno.

Sono molteplici i progressi compiuti grazie agli sviluppi dell'intelligenza artificiale, tra i quali l'introduzione di modelli di reti neurali ricorrenti nelle loro operazioni; tali sistemi di AI hanno acquisito una capacità predittiva esponenzialmente migliore al fine di prevedere con maggior accuratezza le conseguenze correlate alla risoluzione di un determinato problema. Tuttavia, nonostante gli evidenti avanzamenti nel perfezionamento dei processi legati all'intelligenza artificiale, lo sviluppo di quest'ultima dovrebbe essere ancorato in modo più ampio alla rappresentazione reale di emozioni e sentimenti, per esempio la capacità di comprendere e esprimere forme di vitalità da parte dei nuovi robot, potrebbe rappresentare un'affascinante possibilità d'interazione uomo – robot più autentica e realistica.

Negli ultimi anni, la robotica ha trovato un'importante applicazione nel campo della disabilità, evolvendosi significativamente; i robot ricoprono sempre più sia il ruolo di “partner” assistivi che di interlocutori e sostenitori di nuove esperienze (Besio, 2023).

Per Tecnologie Assistive (TA) si intendono tutti gli strumenti, prodotti e dispositivi progettati per sostenere l'autonomia, la partecipazione sociale e il benessere delle persone non solo con disabilità, ma anche soggette a impedimenti temporanei o che si sentono maggiormente avvantaggiate dall'utilizzo di queste tecnologie (Panciroli, Rivoltella, 2023) per migliorarne la propria Qualità di Vita.

Al fine di qualificarle come reali facilitatori, nell'ottica bio-psico-sociale dell'ICF, occorre adattare l'ambiente e curare gli aspetti pedagogici e didattici coinvolti nell'incontro e nell'uso delle tecnologie assistive (Emili, 2023) “ed è proprio in questo ambito in via di sviluppo che si collocano le TA basate sull'Intelligenza Artificiale con l'obiettivo di essere facilitatori all'interno di un approccio pedagogico e un ambiente didattico inclusivo” (Amatori, De Mutiis, Pavone Salafia, 2024).

I Socially Assistive Robots (SAR) rappresentano un'innovativa tipologia di tecnologie assistive, progettate per interagire con le persone nel modo più reale possibile, favorendo un coinvolgimento emotivo, e una connessione empatica con l'utente tramite la capacità di rispondere a comandi vocali, gesti e stimoli sociali. Tali robot non sono destinati a sostituire l'interazione con la figura umana, bensì a potenziarla in maniera complementare.

Per rendere quanto detto realizzabile è necessario studiare e comprendere le modalità di interazione, sia verbali che non, tra esseri umani e robot, cercando di replicare al meglio tale relazione; in tal senso, l'obiettivo auspicabile è quello di sviluppare robot che possano modellarsi in base alle diverse esigenze dei destinatari.

L'Human-Robot Interaction (HRI) è un campo multidisciplinare che varia dalla psicologia alle scienze cognitive fino all'intelligenza artificiale.

La caratteristica distintiva della HRI risiede nella sua attenzione all'interazione diretta tra uomo-robot, partendo da modelli di interazione uomo-uomo per creare meccanismi di comunicazione con i robot che risultano il più possibile naturali (Dautenhahn, 2007). In quest'ottica, si richiede lo sviluppo di robot che non solo comprendono le intenzioni degli utenti attraverso input complessi, ma che siano anche in grado di adattarsi alle varie esigenze cognitive dei loro interlocutori.

Negli ultimi anni, la robotica sociale assistita (SAR) è stata ampiamente studiata per la sua applicazione terapeutica, in particolare nei soggetti con difficoltà sociali e cognitive, nel trattamento della diagnosi del disturbo dello spettro autistico. I primi studi in questo settore hanno dimostrato che l'uso della SAR può migliorare notevolmente l'attenzione e il coinvolgimento degli interessati. I robot umanoidi (che somigliano, nelle fattezze, a un essere umano, ma che allo stesso tempo se ne discostano, in quanto molto meno complessi e programmabili attraverso le preferenze iniziali) consentono a un bambino con ASD di facilitare l'acquisizione delle competenze apprese mediante processi di *modeling imitativo*. Dotati di funzioni vocali e interattive, tali robot beneficiano di feedback semplici, prevedibili e ben schematizzati (Calvani, 2023).

Un interessante studio, condotto da un gruppo di ricerca dell'Istituto Politecnico di Parigi, ENSTA ParisTech in collaborazione con la Babeş-Bolyai University, in Romania, riguarda le modalità interazionali tra i bambini con autismo e il robot NAO, il social robot umanoide composto da sofisticate reti neurali, sensori e telecamere.

Il robot si è dimostrato un efficace facilitatore dell'attenzione condivisa e delle interazioni. Imitando in tempo reale i movimenti del bambino, è stato possibile analizzare i diversi criteri comportamentali (sguardo, spostamento dello sguardo –shift–), iniziazione libera e sollecitata dei movimenti delle braccia e sorriso/risata) messi in atto dal campione considerato. Sebbene il robot si sia rivelato efficace nel facilitare l'attenzio-

ne congiunta e l'interazione, i risultati hanno evidenziato una notevole variabilità nelle risposte dei bambini. Se inizialmente tutti i partecipanti hanno mostrato grande interesse per NAO, questo si è attenuato nel corso del tempo. Tale variabilità nelle risposte sottolinea i limiti attuali dei robot sociali nel creare interazioni prolungate e significative, soprattutto con persone con autismo che presentano differenti modalità di esprimere i propri stati affettivo-cognitivi. Al fine di rispondere a tale eterogeneità, il gruppo di ricerca sopracitato ha impiegato i più recenti progressi del deep learning per strutturare un'interazione maggiormente personalizzata, al fine di migliorare "la percezione automatica degli stati affettivi e del coinvolgimento dei bambini durante la terapia per l'autismo assistita da robot" (Rudovic, Lee, Dai, Schuller & Picard, 2018).

Negli anni Ottanta, Kerstin Dautenhahn ha avviato una ricerca focalizzata sullo sviluppo di giocattoli robotici terapeutici, finalizzati a favorire l'interazione sociale nei bambini autistici. Nel 2005, questa linea di ricerca ha trovato espressione nel Kaspar Project, un'iniziativa proposta da Dautenhahn presso l'Università di Hertfordshire, con l'obiettivo di creare un robot dotato di due ruoli interconnessi: da un lato come "facilitatore sociale", al fine di mediare le interazioni tra i bambini autistici e i loro interlocutori, dall'altro il ruolo terapeutico e educativo volto a promuovere lo sviluppo delle abilità sociali attraverso la comprensione delle emozioni altrui. Kaspar si rivela anche uno strumento educativo efficace per aiutare i bambini con bisogni speciali a prendere consapevolezza del proprio schema corporeo, imitando i comportamenti del robot. Durante questo tipo di attività, il piccolo robot umanoide tocca e nomina varie parti del proprio corpo, come naso, orecchio, braccio, invitando i bambini a ripetere le stesse azioni.

Il progetto pedagogico e terapeutico costruito attorno a Kaspar si basa sull'idea di strutturare un robot caratterizzato da una presenza fisica rassicurante, caratterizzata da comportamenti interattivi facilmente comprensibili e prevedibili. Partendo da questo principio, Dautenhahn e il suo team hanno progettato Kaspar come un robot umanoide con le dimensioni di un bambino di circa tre anni, il cui design è volutamente semplificato, con tratti facciali poco definiti, per stimolare l'immaginazione dei bambini.

In questo modo, ognuno può proiettare su Kaspar le proprie emozioni e preferenze, creando con il robot un legame personalizzato. Questa scelta progettuale offre inoltre la possibilità di sviluppare diverse versioni del robot, adattate alle esigenze specifiche di ciascun utente e contesto.

Studi come questi stanno introducendo una nuova frontiera, mostrando come la strutturazione dei robot di ultima generazione possa influenzare sempre più la dimensione delle relazioni, dello sviluppo delle facoltà umane e della conoscenza. L'obiettivo a lungo termine delle ricerche in questo campo non è quello di realizzare robot in grado di sostituire la figura umana, quanto di rendere il robot un supporto per l'essere umano attraverso interventi personalizzati, potenziando inoltre la raccolta delle informazioni sul comportamento del bambino tramite un'interazione reale e coinvolgente.

AI e Affective Computing: verso l'inclusione emozionale nell'era digitale

Nel contesto educativo, dove l'attenzione alle emozioni e l'uso delle tecnologie sono sempre più centrali, interessante è sicuramente il riferimento all'Affective Computing, termine coniato nel 1995 dalla ricercatrice e docente del Massachusetts Institute of Technology (MIT) Rosalind Picard, secondo cui assunto fondamentale è l'adattamento del device alle necessità dell'utente stesso, cogliendone le espressioni emotive.

In che modo questo può effettivamente essere realizzabile? Si parla di intelligenze artificiali "emotivamente competenti" in grado di riconoscere gli stati affettivi dell'utente attraverso un approccio multidisciplinare (Poria et al., 2017).

Lo sviluppo dell'Affective Computing all'interno del più ampio contesto dell'Intelligenza Artificiale offre la possibilità di ampliare il campo della ricerca con nuove proposte che creano un'interazione tra tecnologia e neuroscienze combinando aspetti tecnologici e cognitivi. Inoltre, potrebbe favorire l'elaborazione di approcci innovativi per l'incorporazione dell'IA in contesti educativi, sociali e terapeutici, con l'obiettivo di migliorare la qualità delle interazioni e l'efficacia delle tecnologie assistive. L'Affective Computing ha suscitato particolare attenzione proprio nell'ambito di queste tecnologie, portando a una crescente implementazione soprattutto nel campo dello sviluppo delle competenze sociali ed emotive in studenti con difficoltà comportamentali o con disturbi dello spettro autistico.

Gli studi condotti fino ad ora, permettono di delineare due ambiti di sviluppo interrelati: da un lato, l'interazione tra computer, intelligenza emotiva e processi di apprendimento; dall'altro, l'uso dell'Affective Computing come strumento di supporto per tutti, sia per studenti con bisogni speciali, che per sviluppo "tipico".

Questa tecnologia, promettente per la sua capacità di rilevare, analizzare e rispondere alle emozioni umane, offrendo un supporto significativo nell'interazione educativa, può facilitare l'acquisizione di competenze relazionali in soggetti che, per ragioni legate alle loro difficoltà, incontrano ostacoli nel proprio processo di riconoscimento emotivo. In questo contesto, la tecnologia non solo si pone come strumento di inclusione, ma diventa parte integrante dei processi educativi, contribuendo a creare ambienti di apprendimento più "empatici" per ogni studente, con l'obiettivo di migliorarne il benessere emotivo e sociale.

Tale rivoluzione ha innescato un'intensa ricerca sulle interazioni emotive uomo-robot, dando vita al campo dell'Emotional Artificial Intelligence (AI). L'Emotion AI è oggi in continua evoluzione con l'avanzamento tecnologico e l'implementazione di nuove reti neurali supportate da algoritmi di machine learning e deep learning fondati dall'impiego di sempre nuovi e aggiornati dati da cui apprendere.

Alla luce delle riflessioni esposte, la progettazione di software educativi che integrano i principi dell'Affective Computing e dell'Emotion AI con le pratiche didattiche rappresenta una promettente opportunità per il progresso della ricerca educativa.

Riferimenti bibliografici

- ADAMOPOULOU E., MOUSSIADES L., *An overview of chatbot technology*, IFIP international conference on artificial intelligence applications and innovations, 2020, pp. 373-383.
- AGGARWAL C.C., *Neural Networks and Deep Learning: A textbook*, in «Springer», Switzerland, 2018.
- AMATORI G., DE MUTIIS E., PAVONE SALAFIA P., *Perspectives on personalization for inclusion: prompt engineering and ICF in the case of the Asklea chatbot*, in «Giornale Italiano di Educazione alla Salute, Sport e Didattica Inclusiva», vol. 8, n. 2, Edizioni Universitarie Romane, 2024.
- BERCHIO C., GALLESSE V., ROCHAT M.J., *The mirror mechanism and its potential role in autism spectrum disorder*, in «Developmental Medicine & Child Neurology», pp. 15 – 22. 2012.
- BESIO S., *Robotica per un gioco inclusivo*, in E.A. Emili (a cura di), *Costruire ambienti inclusivi con le tecnologie*, Trento, Erickson, 2023, pp. 63-76.

- CALVANI L., *Tecnologie per l'inclusione. Quando e come avvalersene*, Carocci Editore, Roma, 2023.
- CLARK A., *Natural-Born Cyborgs. Minds, Technologies, and the Future of Human Intelligence*, Oxford University Press, 2003.
- COTTINI L., *L'autismo a scuola. Quattro parole chiave per l'integrazione*, Carocci, Roma, 2011.
- COTTINI L., D'AGOSTINI M., EMILI E.A., MUNARO C., PASCOLETTI S., *Autismo, video modeling e realtà aumentata. Itinerari inclusivi per un'educazione di qualità*, Carocci Editore, Roma, 2023.
- CRAIGHERO, L., *Neuroni Specchio*, il Mulino, Bologna, 2010.
- DAUTENHAHN K., *Human-robot interaction*, in M Soegaard, R.F. Dam, *The Encyclopedia of Human-Computer Interaction*, 2nd Ed. Interaction Design Foundation, 2013.
- DI CESARE G., GERBELLA M., RIZZOLATTI G., *The neural bases of vitality forms*, in «National Science Review», 2020, pp. 202–213.
- DI PIETRO M. (2021), *L'educazione razionale – emotiva. Per la prevenzione e il superamento del disagio psicologico dei bambini*, Erickson, Trento, 2021.
- EMILI E.A., (a cura di), *Costruire ambienti inclusivi con le tecnologie*, Trento, Erickson, 2023.
- FLOREANO D. MATTIUSSI C., *Manuale sulle reti neurali*, il Mulino, Bologna, 2002.
- FLOWERS J., *Strong and Weak AI: Deweyan Considerations*, in «AAAI Spring Symposium: Towards Conscious AI Systems», 2019.
- FOGASSI L., FERRARI P.F., GESIERICH B., ROZZI S., CHERSI F., RIZZOLATTI G., *Parietal lobe: From action organization to intention understanding*, in «Science», vol. 38, 2005 pp. 662-667.
- FONTANI S., *La Robotica Sociale come tecnologia assistiva evidence based per lo sviluppo delle competenze comunicative negli allievi con Disturbi dello Spettro Autistico* in «Formazione & Insegnamento», vol. 17, n. 3, Pensa Multimedia Editore, 2019.
- GALLESE V., *Neuroscienza delle relazioni sociali*, in F. Ferretti (a cura di), *La mente degli altri*, Editori Riuniti, Roma, 2003 pp. 13-43.
- *Embodied simulation: From neurons to phenomenal experience*, in «Phenomenology and the Cognitive Sciences», 2005, pp. 23-48.
- *La molteplicità condivisa. Dai neuroni mirror all'intersoggettività*, in S. Mistrura (a cura di), *Autismo. L'Umanità nascosta*, Einaudi, 2006, pp. 207-270.
- *Corpo vivo, simulazione incarnata e intersoggettività. Una prospettiva neu-*

- rofemenologica, in M. Cappuccio (a cura di), *Neurofenomenologia. La scienza della mente e la sfida dell'esperienza cosciente*, Mondadori, Milano 2006.
- *Dai neuroni specchio alla consonanza intenzionale. Meccanismi neurofisiologici dell'intersoggettività*, Rivista di Psicoanalisi, LIII, 2007, pp. 197-208.
- *Il corpo teatrale: mimetismo, neuroni specchio, simulazione incarnata.*, Culture Teatrali, 2008, pp. 13-38.
- GALLESE V., MAGALI J.R., BERCHIO C., *The mirror mechanism and its potential role in autism spectrum disorder* in «Dev Med Neurol infantile», 2012, pp. 15-22.
- GANZ J.B., SIMPSON R., *Interventions for Individuals with Autism Spectrum Disorder and Complex Communication Needs*, Baltimore: Brookes, 2018.
- HICKOK G., (2014), *The Myth of Mirror Neurons. The Real Neuroscience of Communication and Cognition*, in «WW Norton & Company», New York, 2014.
- IACOBONI M., *I neuroni specchio. Come capiamo ciò che fanno gli altri*, Bollati Boringhieri, Torino, 2008.
- PANCIROLI C., RIVOLTELLA P.C., *Pedagogia algoritmica. Per una riflessione educativa sull'Intelligenza Artificiale*, Scholè, Brescia, 2023.
- RIZZOLATTI G., GNOLI A., *In te mi specchio*, BUR, 2018.
- RIZZOLATTI G., SINIGAGLIA C., *So quel che fai. Il cervello che agisce e i neuroni specchio*, Cortina, Milano, 2006.
- RIZZOLATTI G., VOZZA L., *Nella mente degli degli altri. Neuroni specchio e comportamento sociale*. Zanichelli, Bologna, 2008.
- RUDOVIC O., LEE J., DAI M., SCHULLER B., PICARD R.W., *Personalized Machine Learning for Robot Perception of Affect and Engagement in Autism Therapy* in «Science Robotics», 2018.
- STERN D.N., *Forms of vitality: Exploring dynamic experience in psychology, the arts, psychotherapy, and development*, Oxford University Press, 2010.
- VIVANTI G., SALOMONE E., *L'apprendimento nell'autismo*, Erickson, Trento, 2016.
- ZAPPATERRA T., (a cura di), *Progettare attività didattiche inclusive*, Guerini scientifica, Milano, 2023.

