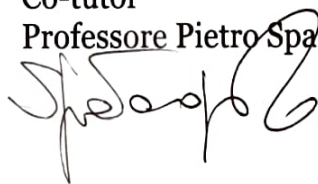


**Corso di Dottorato in
Learning Sciences and Digital Technologies
XXXVIII ciclo**

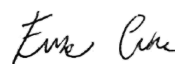
**Serious Games e Robotica Educativa a
Supporto delle Abilità Accademiche e Sociali
nei Bambini con Disturbi del Neurosviluppo**

Tutor
Prof. ~~Fabrizio Stasolla~~
Fabrizio Stasolla
26.11.2025
15:31:48
UTC

Co-tutor
Professore Pietro Spataro

Dottorando
Enza Curcio



Anno Accademico 2024/2025

INDICE

Abstract	3
Introduzione	5
Capitolo 1 – I Disturbi del Neurosviluppo	10
1.1 Definizione e Classificazione dei Disturbi del Neurosviluppo (DSM-5)	10
1.2 Disturbo dello Spettro Autistico (ASD)	13
1.3 Disturbo da Deficit di Attenzione (ADHD)	17
1.4 Disabilità Intellettiva (DI)	21
1.5 Disturbi Specifici dell'Apprendimento (DSA)	25
1.6 Implicazioni Educative e di Sviluppo	28
Capitolo 2 - Dimensioni Cognitive, Sociali e Comunicative nei Disturbi del Neurosviluppo	32
2.1 Funzionamento Cognitivo e Processi Esecutivi nei Disturbi del Neurosviluppo	32
2.2 Interazioni sociali e Comunicazione nei Disturbi del Neurosviluppo	37
2.3 Regolazione Emotiva e Comportamentale	44
2.4 Deficit Cognitivi e Socio-Emotivi nei Disturbi del Neurosviluppo: Interazioni e Strategie Educative Integrate	55
2.5 Implicazioni Educative Trasversali e Bisogni Emergenti nei NDD	61
Capitolo 3 – I SG e la RE nella Didattica Speciale	64
3.1 Panoramica delle Tecnologie Assistive ed Educative	64
3.2 Cosa sono i Serious Games? Definizione e Classificazione	69
3.3 La RE per l'Apprendimento e la Terapia	72
3.4 Integrazione della RE e dei SG	76
3.5 Punti di Forza, Sfide e Prospettive Etiche nell'Applicazione di SG e RE	80
Capitolo 4 – Contributi scientifici su Serious Games, Robotica Educativa e Tecnologie Avanzate per l'Apprendimento e la Salute nei Disturbi del Neurosviluppo	84
4.1 Integrazione di programmi basati su IA nella terapia dell'ASD: innovazioni per la riabilitazione personalizzata	85
4.2 Combinare SG, interazioni sociali e VR negli adolescenti con ASD: una revisione approfondita	89
4.3 Apprendimento profondo e di rinforzo combinato con SG per promuovere l'assistenza sanitaria nei NDD: una nuova ipotesi	93
4.4 Mappatura delle applicazioni educative e terapeutiche dei SG per promuovere le competenze socio-emotive negli adolescenti con ASD: una revisione di scopo	96

4.5 Migliorare le competenze socio-emotive nei bambini con ASD attraverso SG basati su IA: una revisione narrativa	100
4.6 Revisione sistematica sugli interventi con SG e RE per la performance accademica nei NDD	105
4.7 Promuovere l'apprendimento matematico nei bambini e adolescenti con ASD attraverso SG e RE	110
4.8 Considerazioni conclusive	114
Capitolo 5 – Serious Games per promuovere le competenze aritmetiche e le abilità sociali negli alunni con Disturbi del Neurosviluppo	116
5.1 Metodo	118
5.1.1 Partecipanti e contesto	118
5.1.2 Fasi del protocollo	119
5.1.3 Materiali e procedure	120
5.1.4 Sessioni e raccolta dati	121
5.2 Risultati	123
5.3 Discussione	124
5.4 Limiti e implicazioni per la ricerca futura	127
5.5 Considerazioni conclusive	130
Conclusioni	132
Contributi all'Educazione Speciale e Inclusiva	136
Implicazioni Pratiche per Educatori e Clinici	139
Riflessioni Finali e Prospettive Future	142
Bibliografia	145

Abstract

Contesto: I Disturbi del Neurosviluppo (NDD) rappresentano una sfida crescente per il sistema educativo, poiché incidono in modo significativo sui processi cognitivi, socio-emotivi e adattivi di bambini e adolescenti. Condizioni come Disturbo dello Spettro Autistico (ASD), Disturbo da Deficit di Attenzione e Iperattività (ADHD), Disabilità Intellettiva (DI) e Disturbi Specifici dell'Apprendimento (DSA) influenzano non solo l'acquisizione delle competenze accademiche, ma anche la partecipazione sociale, l'autonomia e la qualità della vita familiare. I metodi didattici tradizionali, spesso uniformi e scarsamente personalizzabili, risultano inadeguati nel rispondere alla complessità dei profili educativi associati ai NDD. In questo scenario, l'integrazione di Serious Games (SG) e Robotica Educativa (RE) si configura come un approccio innovativo e motivante, capace di rendere l'apprendimento più flessibile, personalizzato e coinvolgente.

Obiettivi: La tesi analizza il ruolo dei SG e della RE come strumenti educativi e riabilitativi per studenti con NDD attraverso una duplice prospettiva: (1) una revisione sistematica della letteratura internazionale sulle applicazioni di SG e RE per il potenziamento cognitivo e accademico; (2) uno studio sperimentale volto a valutare l'efficacia di un intervento basato su SG per migliorare competenze aritmetiche e abilità socio-emotive in alunni con NDD e DSA.

Metodo: La revisione sistematica, condotta secondo le linee guida PRISMA 2020 e registrata su OSF, ha incluso 36 studi empirici identificati in Scopus, Web of Science e PubMed. Gli studi sono stati analizzati in base a obiettivi, metodologie, caratteristiche dei partecipanti e principali esiti educativi. Lo studio sperimentale, realizzato in una scuola secondaria di primo grado, ha coinvolto bambini con diagnosi di NDD e DSA che hanno seguito un percorso con SG focalizzato su ragionamento numerico e regolazione emotiva.

Risultati: La revisione mostra che SG e RE possono migliorare attenzione, funzioni esecutive, rendimento scolastico e partecipazione

attiva. Gli approcci ibridi, che uniscono componenti digitali e interazioni embodied, favoriscono un maggiore coinvolgimento e facilitano il trasferimento delle abilità apprese. Lo studio sperimentale evidenzia progressi nelle abilità aritmetiche e socio-emotive, una maggiore cooperazione in classe e una riduzione dei comportamenti di frustrazione, come riportato anche dagli insegnanti.

Conclusione: I risultati confermano il valore educativo dei SG e della RE nel promuovere percorsi inclusivi e personalizzati per studenti con NDD. Integrate in modo competente e sostenute da principi pedagogici ed etici, queste tecnologie possono potenziare competenze cognitive, emotive e sociali, contribuendo alla creazione di ambienti di apprendimento più equi, partecipativi e orientati all'empowerment.

Parole chiave:

- Serious Games (SG)
- Robotica Educativa (RE)
- Intelligenza Artificiale (IA)
- Disturbi del Neurosviluppo (NDD)
- Disturbo dello Spettro Autistico (ASD)
- Abilità socio-emotive
- Apprendimento inclusivo
- Neurodiversità

Introduzione

Negli ultimi decenni i disturbi del neurosviluppo (NDD) hanno assunto un rilievo crescente sia in ambito educativo che clinico, sia per l'aumento delle stime di prevalenza riportate a livello internazionale sia per le ricadute significative che queste condizioni esercitano sul funzionamento scolastico, sociale e familiare delle persone coinvolte (Maenner et al., 2021). Si tratta di quadri che emergono già nelle prime fasi dell'infanzia e che tendono spesso a persistere nel corso della vita, ponendo sfide complesse che richiedono risposte non solo di tipo terapeutico, ma anche strategie e politiche educative capaci di sostenere concretamente i percorsi di inclusione (Jangmo et al., 2019). All'interno di questa ampia e variegata categoria diagnostica rientrano il disturbo dello spettro autistico (ASD) (Lord et al., 2018), il disturbo da deficit di attenzione e iperattività (ADHD) (Masoudi, 2025), le disabilità intellettive (DI) (Schalock et al., 2021) e i disturbi specifici dell'apprendimento (DSA) (Fletcher & Miciak, 2024). Sebbene ciascuna condizione presenti caratteristiche cliniche proprie, tutte condividono delle vulnerabilità nei processi cognitivi, socio-emotivi e comunicativi, con ripercussioni evidenti sulle capacità di adattamento nei contesti educativi e comunitari (Diamond, 2013).

L'esperienza scolastica di bambini e adolescenti con NDD è spesso caratterizzata da ostacoli che non riguardano esclusivamente il livello di apprendimento, ma coinvolgono la gestione dell'attenzione, la regolazione emotiva, le abilità di socializzazione e la motivazione (Abín et al., 2024). I metodi didattici tradizionali, basati su un approccio frontale e uniforme, risultano spesso inadeguati a sostenere tale complessità. In molti casi, il rischio è quello di un progressivo allontanamento dagli apprendimenti e di una riduzione delle opportunità di partecipazione attiva, con conseguenze che non si limitano all'ambito scolastico ma si estendono anche al benessere psicologico e alla qualità della vita familiare (Boysen, 2024). La sfida che oggi si pone agli educatori, agli psicologi e ai clinici è quindi quella di sviluppare strategie didattiche e terapeutiche capaci di adattarsi alla diversità, integrando strumenti innovativi che rendano l'apprendimento più

accessibile, motivante e sostenibile (Durgungoz & Durgungoz, 2025). In questa prospettiva, i principi dell'Universal Design for Learning (UDL) (Frolli et al., 2023) offrono una cornice teorica di riferimento, invitando a progettare ambienti educativi che non solo tengano conto delle difficoltà, ma che valorizzino i punti di forza e le modalità di apprendimento specifiche di ogni studente.

Tra le soluzioni emergenti, i Serious Games (SG) (Lin & Chang, 2025) e la Robotica Educativa (RE) (Pivetti et al., 2020) si sono imposti come strumenti particolarmente promettenti. I SG, concepiti non solo come giochi ma come ambienti digitali strutturati con obiettivi formativi, favoriscono l'apprendimento attraverso dinamiche di gioco, stimolando attenzione, motivazione e perseveranza (García-Redondo et al., 2019). La loro natura interattiva consente di ridurre il carico cognitivo, promuovere la concentrazione e trasformare compiti percepiti come faticosi in attività stimolanti e coinvolgenti. Grazie alla possibilità di integrare feedback immediati e percorsi adattivi, essi consentono di costruire esperienze personalizzate che rispondono ai diversi livelli di abilità (Gallardo Vergara & Monserrat Gallardo, 2023). La RE, dal canto suo, introduce una dimensione esperienziale e incarnata: l'interazione con il robot non è soltanto simbolica o digitale, ma tangibile, multisensoriale e sociale. Attraverso il movimento, il linguaggio e la simulazione di comportamenti sociali, i robot offrono ai bambini occasioni concrete per esercitare abilità cognitive e socio-emotive in contesti prevedibili e strutturati (López-Sastre et al., 2021). Questa caratteristica è particolarmente rilevante per studenti che faticano a interpretare segnali sociali complessi, i quali possono trarre vantaggio da interazioni chiare, ripetibili e prive di giudizio (López-Sastre et al., 2021).

L'integrazione di SG e RE apre scenari ancora più interessanti. Da un lato, i SG assicurano il coinvolgimento attraverso la gamification e il rinforzo immediato (García-Redondo et al., 2019); dall'altro, i robot introducono una dimensione relazionale ed embodied che facilita l'imitazione, l'attenzione condivisa e la regolazione comportamentale (Panceri et al.,

2021). L'unione di queste due tecnologie permette di affrontare contemporaneamente i bisogni cognitivi, motivazionali e socio-relazionali degli studenti, dando vita a un modello di intervento olistico che supera la frammentazione tipica degli approcci tradizionali (Riedmann et al., 2024). Insieme, queste due tecnologie generano ambienti di apprendimento multimodali, capaci di coniugare stimoli digitali e fisici, promuovendo così una partecipazione attiva e duratura (Pivetti et al., 2020). Non meno rilevante è l'impatto che tali strumenti possono avere sul piano familiare: la possibilità di ridurre il bisogno di supervisione costante e di favorire l'autonomia dei bambini contribuisce infatti a diminuire lo stress dei caregiver, migliorando la qualità della vita non solo dello studente ma dell'intero nucleo familiare (Stasolla et al., 2024).

Nonostante il crescente interesse scientifico, la letteratura sul tema rimane frammentata. Alcuni studi si focalizzano prevalentemente sugli aspetti accademici, come le abilità matematiche o linguistiche (Lopez-Caudana et al., 2020; Ruggeri, 2025), mentre altri sottolineano soprattutto gli esiti sociali e comunicativi della robotica (May et al., 2020; Pivetti et al., 2020). Rari sono invece i lavori che adottano una prospettiva integrata, capace di valutare simultaneamente i benefici cognitivi, socio-emotivi e familiari (Panceri et al., 2021; Stasolla et al., 2024). Inoltre, la maggior parte delle ricerche disponibili si basa su campioni di piccole dimensioni o su interventi a breve termine, rendendo difficile generalizzare i risultati e comprenderne la reale sostenibilità (Gallardo Vergara & Monserrat Gallardo, 2023; Lopez-Caudana et al., 2020). Mancano ancora linee guida consolidate sull'implementazione di tali strumenti nei contesti educativi ordinari, soprattutto in relazione a variabili come l'accessibilità economica, la formazione degli insegnanti e la sostenibilità a lungo termine (Riedmann et al., 2024).

La presente tesi nasce proprio dall'esigenza di colmare queste lacune, offrendo una duplice prospettiva di ricerca (Stasolla et al., 2025). Da un lato, una Revisione Sistemica delle evidenze disponibili permette di mappare in modo rigoroso lo stato dell'arte, individuando punti di forza, criticità e

prospettive future (Pivetti et al., 2020). Sono stati inclusi 36 studi empirici condotti in diversi paesi e contesti educativi, con l'obiettivo di comprendere non solo l'efficacia in termini di apprendimento, ma anche gli esiti collaterali legati a motivazione, autonomia, benessere e coinvolgimento delle famiglie (Abín et al., 2024). Dall'altro lato, uno studio sperimentale originale, progettato e realizzato all'interno di questa ricerca, ha valutato l'impatto di un intervento basato su SG per il potenziamento delle competenze aritmetiche e delle abilità socio-emotive in bambini con NDD e DSA, osservando i risultati sia sul piano cognitivo che su quello relazionale ed ecologico (Gallardo Vergara & Monserrat Gallardo, 2023). Questa doppia metodologia consente di integrare la dimensione teorica e quella pratica, garantendo una visione più completa delle potenzialità e dei limiti delle tecnologie educative.

Le domande di ricerca che guidano questo lavoro sono state formulate per rispondere a questioni ancora aperte nel dibattito scientifico: In che modo i SG e la RE vengono attualmente utilizzati per sostenere la performance accademica degli studenti con NDD? Quali sono gli esiti principali di tali interventi, sia rispetto a competenze specifiche (ad esempio lettura, calcolo, memoria di lavoro) sia a dimensioni cognitive e socio-emotive più ampie? Gli approcci che integrano SG e RE producono un valore aggiunto rispetto all'uso isolato delle due tecnologie? Quali implicazioni si osservano sul piano familiare, in termini di riduzione del carico dei caregiver e di miglioramento della qualità della vita?

Per affrontare tali quesiti, la tesi è articolata in cinque capitoli. Il primo capitolo delinea le caratteristiche cliniche ed educative dei principali NDD, ponendo attenzione ai quadri di ASD, ADHD, ID e DSA (American Psychiatric Association, 2013; Thapar et al., 2017). Il secondo capitolo esplora le dimensioni cognitive, sociali e comunicative di queste condizioni, evidenziando come esse influenzino la partecipazione scolastica e sociale (Diamond, 2013; Lord et al., 2018). Il terzo capitolo è dedicato all'analisi della letteratura su SG e RE, mettendo in luce benefici, limiti e questioni

etiche legate all'uso delle tecnologie in educazione speciale (Pivetti et al., 2020). Il quarto capitolo presenta la Revisione Sistemática, condotta secondo le linee guida PRISMA 2020 (Page et al., 2021), con una sintesi critica delle evidenze disponibili. Il quinto capitolo descrive lo studio sperimentale, illustrandone disegno, metodologia, risultati e confronto con la letteratura. Infine, nelle conclusioni, vengono discusse le implicazioni teoriche e pratiche dei risultati, con proposte operative per insegnanti, clinici e decisori politici (Pellicano & Den Houting, 2022).

Attraverso questo doppio approccio, la tesi intende offrire un contributo significativo alla riflessione sull'educazione inclusiva e sulla digital health (Pellicano & Den Houting, 2022). L'obiettivo è quello di dimostrare come strumenti apparentemente "giocosi" possano in realtà diventare dispositivi rigorosi e validati per il potenziamento cognitivo e socio-emotivo, promuovendo al contempo l'inclusione e la riduzione delle disuguaglianze educative. I risultati mostrano come la tecnologia, se progettata e implementata in maniera consapevole, possa diventare non solo uno strumento didattico, ma anche un supporto alla qualità della vita, favorendo autonomia, motivazione e partecipazione attiva (Stasolla et al., 2024). In definitiva, l'obiettivo non è soltanto quello di migliorare le competenze scolastiche, ma di promuovere un modello di inclusione che abbracci tutte le dimensioni del benessere degli studenti neurodivergenti e delle loro famiglie (Leifler et al., 2024).

In questo quadro, la presente ricerca si propone non solo come un contributo accademico, ma anche come una base operativa per il futuro. La speranza è che le riflessioni e i risultati qui presentati possano orientare lo sviluppo di pratiche educative più inclusive, sostenere politiche scolastiche sensibili ai bisogni degli studenti con NDD e stimolare la progettazione di interventi tecnologici che, unendo rigore scientifico e attenzione umana, possano incidere in maniera concreta sulla vita delle persone.

Capitolo 1 – I Disturbi del Neurosviluppo

1.1 Definizione e Classificazione dei Disturbi del Neurosviluppo (DSM-5)

I NDD costituiscono un insieme ampio ed eterogeneo di condizioni che insorgono nelle prime fasi dello sviluppo e che si caratterizzano per difficoltà persistenti a carico del funzionamento cognitivo, comportamentale, comunicativo, sociale e adattivo (Thapar et al., 2017). Secondo le classificazioni diagnostiche internazionali, tra i principali NDD rientrano l'ASD, l'ADHD, la DI, i DSA, oltre ai disturbi della comunicazione e a quelli del movimento (American Psychiatric Association, 2013). La comparsa è generalmente precoce, con segni osservabili già nei primi anni di vita, anche se in alcuni casi le difficoltà emergono pienamente soltanto con l'ingresso a scuola, quando le richieste ambientali e didattiche diventano più complesse e le fragilità latenti si manifestano con maggiore chiarezza (Lord et al., 2018; Thapar et al., 2017).

Un aspetto distintivo dei NDD è il loro impatto globale sullo sviluppo (Parenti et al., 2020). Le difficoltà non riguardano un unico dominio, ma tendono a influenzare contemporaneamente diversi ambiti del funzionamento. Per esempio, nei bambini con ASD le compromissioni sociali e comunicative si intrecciano con deficit cognitivi e con rigidità comportamentali, mentre nei DSA i problemi legati a lettura, scrittura o calcolo possono associarsi a difficoltà di memoria di lavoro e autoregolazione (Hugh et al., 2021). L'effetto cumulativo di queste compromissioni riduce la partecipazione scolastica e sociale, generando spesso sentimenti di frustrazione, demotivazione e isolamento (Beenstock et al., 2021).

La variabilità rappresenta una delle caratteristiche principali dei NDD. Bambini con la stessa diagnosi possono presentare profili radicalmente diversi: due alunni con ASD, ad esempio, possono differire per capacità linguistiche, livello cognitivo, autonomia adattiva e modalità di interazione sociale (Maenner et al., 2021). Analogamente, i DSA includono quadri molto

differenti: la dislessia ostacola la decodifica dei testi scritti (Laskay-Horváth et al., 2025), la discalculia compromette il ragionamento numerico e la gestione delle quantità, mentre la disgrafia riguarda la correttezza e la fluidità della scrittura (Kwok et al., 2023). Anche il grado di severità varia notevolmente, passando da forme lievi che permettono un funzionamento relativamente autonomo, fino a situazioni gravi che richiedono supporto intensivo e continuativo (Espinás et al., 2025). Questa eterogeneità implica che non sia possibile adottare un unico modello di intervento, ma che si renda necessaria una personalizzazione costante delle strategie educative e terapeutiche (Lesort et al., 2020).

Un ulteriore elemento di complessità è la comorbidità (Thapar et al., 2017). Non è raro che un bambino con ASD presenti sintomi di ADHD, con ulteriori difficoltà di attenzione e autoregolazione che aggravano le compromissioni socio-comunicative (Stevens et al., 2016). Allo stesso modo, studenti con DI possono mostrare contemporaneamente DSA, disturbi del comportamento o disturbi d'ansia. Queste sovrapposizioni rendono più difficile la diagnosi differenziale e richiedono valutazioni multidimensionali (Rau et al., 2020). Sul piano educativo, la comorbidità può accentuare le difficoltà di apprendimento e aumentare il rischio di esclusione sociale, specialmente quando gli insegnanti non dispongono di strumenti adeguati per gestire bisogni molteplici all'interno della stessa classe (Stevens et al., 2016).

Dal punto di vista evolutivo, i NDD non sono statici (Lense et al., 2021). I sintomi possono modificarsi nel corso della crescita, migliorando o peggiorando in relazione a fattori ambientali, educativi e terapeutici. Interventi precoci, strutturati e intensivi possono ridurre l'impatto delle compromissioni e favorire lo sviluppo di competenze adattive, mentre l'assenza di supporti adeguati rischia di consolidare le difficoltà e limitare le opportunità future (Bannon et al., 2022). Questa natura dinamica rende indispensabile un monitoraggio continuo e la capacità di adattare nel tempo le strategie di intervento (Bannon et al., 2022).

Dal punto di vista educativo, i NDD pongono sfide di grande portata (Lense et al., 2021). Non si tratta soltanto di compensare deficit specifici – come la decodifica nella dislessia o il calcolo nella discalculia – ma di affrontare difficoltà trasversali che riguardano l'attenzione, la motivazione, l'autoregolazione e la competenza sociale (Krämer et al., 2021). L'approccio scolastico tradizionale, fondato su lezioni frontali e compiti uniformi, risulta spesso inadeguato a rispondere a tali bisogni. Per questo motivo, negli ultimi anni si è affermata la necessità di costruire percorsi personalizzati e inclusivi, basati sulla flessibilità metodologica e sul riconoscimento delle differenze individuali come risorsa e non come limite (Du Plooy et al., 2024).

In questo scenario, le tecnologie educative hanno acquisito un ruolo centrale (Haleem et al., 2022). I SG e la RE si configurano come strumenti innovativi in grado di integrare dimensione cognitiva, sociale ed emotiva, offrendo contesti motivanti, adattivi e concretamente applicabili (Anwar et al., 2019; García-Redondo et al., 2019). I SG consentono di trasformare compiti complessi in attività ludiche che favoriscono la persistenza e la motivazione (Carneiro et al., 2024), mentre la RE introduce un'interazione embodied che stimola attenzione, imitazione e cooperazione (Anwar et al., 2019). Entrambe le tecnologie, utilizzate singolarmente o in maniera integrata, contribuiscono non solo a migliorare gli apprendimenti scolastici, ma anche a rafforzare la partecipazione, l'autonomia e il benessere complessivo dei bambini e delle loro famiglie (Todino, 2025).

1.2 Disturbo dello Spettro Autistico (ASD)

L'ASD è una condizione del neurosviluppo caratterizzata da compromissioni persistenti nella comunicazione e nell'interazione sociale, associate alla presenza di comportamenti, interessi e attività ristretti e ripetitivi (Lord et al., 2018). Il termine "spettro" sottolinea la notevole eterogeneità del disturbo, che può manifestarsi in forme molto differenti: alcuni individui presentano gravi limitazioni nel linguaggio e nel funzionamento cognitivo, mentre altri possiedono capacità intellettive nella norma o addirittura superiori, pur mostrando importanti difficoltà nella sfera socio-comunicativa e relazionale (West et al., 2021).

Per quanto riguarda l'ASD, le stime globali indicano che circa l'1% dei bambini è affetto da ASD (Talantseva et al., 2023).

Uno degli aspetti centrali riguarda la reciprocità sociale. Bambini e adolescenti con ASD spesso incontrano difficoltà nell'iniziare e mantenere interazioni con i pari, faticano a interpretare segnali non verbali come espressioni facciali, prosodia o gesti, e possono avere problemi ad adattare il proprio comportamento a diversi contesti sociali (May et al., 2020). Queste difficoltà limitano la possibilità di costruire relazioni significative e possono determinare un isolamento progressivo, con conseguenze negative sul benessere emotivo e sulla partecipazione scolastica (Hugh et al., 2021).

Un'altra caratteristica rilevante è la presenza di comportamenti ristretti e ripetitivi (Uljarević et al., 2023). Questi includono movimenti stereotipati (come il flapping delle mani), l'adesione rigida a routine quotidiane o lo sviluppo di interessi specifici e circoscritti. Se da un lato tali comportamenti possono ostacolare la flessibilità cognitiva e l'adattamento, dall'altro gli interessi ristretti possono essere utilizzati come risorse motivazionali all'interno di percorsi educativi mirati, trasformando potenziali barriere in occasioni di apprendimento personalizzato (Maenner et al., 2021).

Il profilo cognitivo delle persone con ASD è molto variabile. Una parte significativa presenta DI associata, mentre altri mostrano competenze cognitive adeguate o sopra la media (Thapar et al., 2017).

Indipendentemente dal livello intellettuale, sono frequenti le difficoltà nelle Funzioni Esecutive (FE), come la memoria di lavoro, la flessibilità cognitiva e il controllo inibitorio. Questi deficit influiscono direttamente sull'apprendimento, sull'adattamento agli ambienti scolastici e sulla gestione delle richieste quotidiane (Gallardo Vergara & Monserrat Gallardo, 2023). Anche il linguaggio segue traiettorie molto differenziate: alcuni bambini rimangono minimamente verbali e necessitano di sistemi di comunicazione aumentativa e alternativa (CAA), altri sviluppano un linguaggio formalmente corretto ma con difficoltà pragmatiche, come l'uso dei turni conversazionali o la comprensione del linguaggio figurato (Brignell et al., 2018).

La comorbilità è frequente e complica ulteriormente il quadro clinico (Stevens et al., 2016). Sintomi tipici dell'ADHD, come iperattività, impulsività e distraibilità, sono comuni e amplificano le difficoltà nella regolazione dell'apprendimento (Crepaldi et al., 2020a). Disturbi d'ansia, depressione o disturbi dell'umore si associano spesso al ASD, riducendo la partecipazione sociale e aumentando la vulnerabilità emotiva. Questa complessità richiede un approccio di valutazione e intervento interdisciplinare, capace di considerare non solo le caratteristiche nucleari del disturbo, ma anche le condizioni concomitanti (Fitzpatrick et al., 2017).

Dal punto di vista epidemiologico, il ASD è oggi considerato uno dei NDD più diffusi. Le stime più recenti parlano di un caso ogni poche decine di bambini in età scolare (Loomes et al., 2017). La diagnosi è più frequente nei maschi, ma negli ultimi anni è emersa con forza l'ipotesi che il disturbo sia sottodiagnosticato nelle bambine, che spesso presentano profili meno evidenti o adottano strategie di compensazione che mascherano le difficoltà (McDonnell et al., 2021). Ciò sollecita lo sviluppo di strumenti diagnostici più sensibili alle differenze di genere, al fine di garantire pari opportunità di accesso agli interventi.

Le implicazioni educative, sociali e di sviluppo dell'ASD sono particolarmente rilevanti e si manifestano in più dimensioni. A livello scolastico, le difficoltà nella comunicazione pragmatica e nella cognizione

sociale rendono complicato partecipare a lezioni basate su interazioni spontanee, discussioni di gruppo o attività cooperative (Banker et al., 2021). Molti studenti con ASD rischiano di restare ai margini del gruppo classe, non tanto per mancanza di competenze accademiche, quanto per l'impossibilità di decodificare regole implicite e dinamiche relazionali. Ciò può condurre a un isolamento progressivo e a una riduzione delle opportunità di apprendimento condiviso (Beenstock et al., 2021).

Sul piano comportamentale, la rigidità cognitiva e le routine inflessibili possono entrare in conflitto con la natura variabile e imprevedibile del contesto scolastico (Hugh et al., 2021). Cambiamenti improvvisi, modifiche degli orari o richieste non previste possono generare ansia e comportamenti disadattivi, che interferiscono con la partecipazione alle attività e con la continuità degli apprendimenti. Inoltre, la presenza di ipersensibilità sensoriali trasforma l'aula in un ambiente potenzialmente ostile: rumori, luci o stimoli imprevisti possono portare a crisi di sovraccarico, con ricadute sia sull'alunno che sul gruppo classe (Bi et al., 2021).

Le implicazioni si estendono anche all'ambito sociale ed emotivo (Banker et al., 2021). Le difficoltà nel comprendere le emozioni altrui e nel regolare le proprie rendono più complesso instaurare amicizie stabili e gestire situazioni conflittuali. Senza un supporto adeguato, il rischio è quello di sperimentare esclusione, bassa autostima e aumento di disturbi internalizzanti come ansia e depressione. Sul piano familiare, il bisogno di mediazione costante e di supervisione può generare stress nei caregiver, incidendo sulla qualità della vita domestica (Carlier et al., 2020).

Tutte queste dimensioni delineano bisogni educativi molto specifici: prevedibilità, strutturazione delle attività, utilizzo di supporti visivi e strategie di insegnamento graduato. Tecnologie come i SG e la RE rispondono in modo mirato a queste necessità, creando ambienti controllati, motivanti e più facilmente gestibili (Anwar et al., 2019). Esse permettono di trasformare interessi ristretti in leve motivazionali, di ridurre il carico cognitivo legato all'interazione sociale e di offrire contesti sicuri per

esercitare abilità comunicative, cognitive e socio-emotive (Banker et al., 2021).

I SG hanno mostrato di poter stimolare la motivazione, facilitare l'apprendimento socio-emotivo e promuovere l'autoregolazione in ambienti digitali sicuri e adattivi. Attraverso la gamificazione, è possibile ridurre il carico cognitivo e incentivare la persistenza nei compiti. Parallelamente, la RE e sociale ha dimostrato efficacia nel promuovere attenzione condivisa, imitazione e interazione, grazie a modalità comunicative semplificate e prevedibili, che risultano più accessibili per bambini con ASD (Tang et al., 2019). Le prospettive più innovative derivano dall'integrazione tra giochi digitali, robotica e sistemi adattivi basati su IA, capaci di personalizzare l'esperienza educativa e di promuovere simultaneamente abilità accademiche, comunicative e socio-emotive.

Un aspetto cruciale riguarda anche la formazione degli insegnanti, chiamati a sviluppare competenze metodologiche e tecnologiche che permettano di gestire classi inclusive e di adattare le strategie educative ai profili specifici degli studenti con ASD (Tang et al., 2019). Parallelamente, i principi dell'UDL offrono una cornice di riferimento preziosa: prevedendo diverse modalità di rappresentazione, espressione e coinvolgimento, consentono di costruire ambienti flessibili in cui le difficoltà vengono compensate e i punti di forza valorizzati (Frolli et al., 2023).

L'ASD si configura come una condizione complessa e multifattoriale, che richiede interventi mirati, strutturati e multidimensionali. Sebbene le difficoltà siano pervasive e persistenti, l'uso di tecnologie innovative come i SG e la robotica apre prospettive promettenti per migliorare non solo le competenze cognitive e accademiche, ma anche il benessere socio-emotivo, l'inclusione scolastica e la qualità della vita familiare (Panceri et al., 2021).

1.3 Disturbo da Deficit di Attenzione (ADHD)

L'ADHD è uno dei NDD più frequentemente diagnosticati in età evolutiva (Gallardo Vergara & Monserrat Gallardo, 2023). Si caratterizza per la presenza di schemi comportamentali persistenti di disattenzione, iperattività e impulsività che compromettono il funzionamento nei diversi contesti della vita quotidiana: scuola, ambiente domestico e relazioni con i pari (Posner et al., 2020). Le manifestazioni del disturbo non sono omogenee, ma si distribuiscono lungo un continuum che varia per intensità e modalità di espressione (Haleem et al., 2022).

L'ADHD ha una prevalenza stimata intorno al 5-7% tra bambini e adolescenti, variabile a seconda del criterio diagnostico utilizzato e del contesto epidemiologico (Ayano et al., 2023).

Il sistema diagnostico distingue tre principali presentazioni: una forma prevalentemente disattenta, una forma prevalentemente iperattivo-impulsiva e una forma combinata (Willcutt et al., 2012). Questa classificazione riflette la grande variabilità dei profili clinici e suggerisce la necessità di considerare l'ADHD come una condizione multidimensionale, fortemente influenzata dall'età, dall'ambiente e dalla presenza di eventuali comorbidità (Ceruti et al., 2024).

Dal punto di vista cognitivo, l'ADHD è strettamente legato a difficoltà nelle FE. I bambini presentano spesso limitazioni nella memoria di lavoro, nel controllo inibitorio e nella flessibilità cognitiva (Liu et al., 2024). Questi deficit si traducono in difficoltà nel mantenere l'attenzione per periodi prolungati, nel pianificare e completare compiti complessi e nel gestire adeguatamente le richieste scolastiche. Insegnanti e genitori osservano frequentemente problemi nell'organizzazione del materiale scolastico, difficoltà nel seguire istruzioni a più passaggi e tendenza a interrompere le attività senza portarle a termine (Wang et al., 2025). A queste compromissioni cognitive si associano aspetti motivazionali: i bambini con ADHD tendono a privilegiare le ricompense immediate e a mostrare scarsa tolleranza verso i rinforzi differiti, un fattore che incide negativamente

sull'apprendimento in contesti tradizionali (Gallardo Vergara & Monserrat Gallardo, 2023).

Oltre agli aspetti cognitivi e accademici, il disturbo ha un impatto rilevante sul funzionamento sociale ed emotivo (Banker et al., 2021). I bambini con ADHD sono spesso percepiti dai pari come difficili da gestire, sperimentano frequenti rifiuti e hanno maggiori difficoltà nel mantenere amicizie stabili. Non è raro che sviluppino comportamenti oppositivi, episodi di disregolazione emotiva e, in alcuni casi, quadri clinici associati come ansia o disturbi dell'umore. Queste difficoltà riducono l'autostima, aumentano i livelli di stress familiare e possono generare un rischio maggiore di insuccesso scolastico e di emarginazione sociale (Banker et al., 2021).

Le ricerche neurobiologiche evidenziano il coinvolgimento di reti neurali fronto-striatali e fronto-parietali, con alterazioni nei sistemi di regolazione dopaminergica e noradrenergica (Banker et al., 2021). Tali conoscenze hanno favorito lo sviluppo di trattamenti farmacologici specifici, che rappresentano ancora oggi una delle strategie più utilizzate. Tuttavia, è sempre più evidente la necessità di interventi psicoeducativi e tecnologici che affianchino la terapia farmacologica, fornendo stimolazioni strutturate, motivanti e adattive (Hugh et al., 2021).

In ambito educativo, l'ADHD rappresenta una sfida quotidiana (Gallardo Vergara & Monserrat Gallardo, 2023). I metodi di insegnamento tradizionali, basati sull'attenzione sostenuta e sull'ascolto passivo, risultano spesso inefficaci. Per rispondere ai bisogni di questi studenti, si rendono necessari approcci multimodali, interattivi e brevi, caratterizzati da attività variabili, feedback immediato e livelli di difficoltà adattivi (Frolli et al., 2023).

In questo contesto, i SG e la RE emergono come strumenti innovativi e promettenti. I SG utilizzano le logiche della gamification, come la progressione, le ricompense e la narrazione interattiva, per aumentare la motivazione e favorire la persistenza nei compiti, riducendo al tempo stesso

il carico cognitivo (Gallardo Vergara & Monserrat Gallardo, 2023). Nel caso specifico dell'ADHD, i SG risultano particolarmente efficaci in quanto strutturano l'apprendimento in sequenze brevi, stimolanti e adattive, che favoriscono la concentrazione e il completamento delle attività (Gallardo Vergara & Monserrat Gallardo, 2023). Il feedback immediato e la possibilità di personalizzare il livello di difficoltà aiutano a mantenere alta l'attenzione e a rinforzare il senso di autoefficacia, contrastando la frustrazione legata ai compiti scolastici. La RE, attraverso interazioni incarnate e prevedibili, offre un ulteriore canale di coinvolgimento: i robot possono agire come mediatori, compagni o guide, fornendo stimoli costanti e facilitando la regolazione dell'attenzione e del comportamento (Lopez-Caudana et al., 2020). In particolare, i robot educativi si dimostrano utili per sostenere la pianificazione delle attività e l'autoregolazione comportamentale, due aree tipicamente compromesse nei bambini con ADHD (Pivetti et al., 2020). L'interazione con i robot può aiutare a canalizzare l'iperattività in compiti strutturati, promuovendo maggiore consapevolezza, gestione dei tempi e rispetto delle regole (Azizi et al., 2022).

Particolarmente interessanti sono gli interventi ibridi, che combinano giochi digitali, robotica e sistemi adattivi basati sull'analisi dei dati in tempo reale (Van Der Meer et al., 2011). Questi approcci permettono di calibrare le attività in base al profilo cognitivo e motivazionale del singolo studente, offrendo esperienze personalizzate e favorendo allo stesso tempo abilità accademiche, autoregolazione ed equilibrio emotivo (Fabbri, 2007). In tale prospettiva, l'ADHD si configura come una delle condizioni più rilevanti per esplorare il potenziale di queste tecnologie, proprio per la sua natura complessa e multifattoriale (Crepaldi et al., 2020a).

L'ADHD evidenzia in modo emblematico la necessità di interventi che vadano oltre la semplice riduzione dei sintomi, mirando invece a costruire contesti di apprendimento capaci di sostenere motivazione, autoregolazione e benessere socio-emotivo (Lin & Chang, 2025). SG e RE, soprattutto se integrati in programmi ibridi e personalizzati, rappresentano strumenti in

grado di rispondere a queste esigenze, aprendo nuove prospettive per la didattica inclusiva e per lo sviluppo di pratiche educative orientate al futuro (Panceri et al., 2021).

1.4 Disabilità Intellettiva (DI)

La DI è una condizione del neurosviluppo che si manifesta con significative limitazioni sia nel funzionamento intellettuale sia nel comportamento adattivo, con esordio durante l'infanzia o l'adolescenza (Fletcher & Miciak, 2024). Si tratta di uno dei NDD più diffusi a livello mondiale: si stima che circa 1-3% della popolazione globale abbia una disabilità intellettiva, con prevalenza più alta in contesti a basso e medio reddito (Van Der Meer et al., 2011).

L'attuale classificazione della DI non si limita più al solo quoziente intellettuale, come accadeva in passato, ma pone maggiore attenzione al livello di funzionamento adattivo (Selau et al., 2020). Questo parametro permette di valutare quanto la persona riesca a rispondere alle richieste della vita quotidiana nei diversi contesti: personale, sociale, scolastico e, più avanti, lavorativo. L'adozione di questa prospettiva ha segnato un passaggio importante, poiché evidenzia come i bisogni educativi e riabilitativi non dipendano soltanto dai punteggi ottenuti nei test cognitivi, ma anche dal contesto di vita, dalle opportunità di apprendimento e dal sostegno disponibile (Mattie et al., 2023).

Il profilo cognitivo delle persone con DI è estremamente variegato. Alcuni presentano una buona capacità di apprendimento se guidati da percorsi strutturati, mentre altri mostrano difficoltà marcate in molteplici aree (Kanniappan et al., 2024). Tra le compromissioni più frequenti si riscontrano lentezza nell'elaborazione delle informazioni, ridotta memoria di lavoro, difficoltà di generalizzazione e limiti nel ragionamento astratto. Queste caratteristiche si riflettono direttamente sul percorso scolastico: acquisire abilità di base come la lettura, la scrittura o il calcolo può diventare un processo lungo e complesso, con ripercussioni sull'autonomia personale e sulle prospettive future (Mattie et al., 2023). Anche abilità pratiche quotidiane, come gestire il denaro, organizzare le attività domestiche, comunicare efficacemente o prendersi cura di sé, risultano spesso compromesse, richiedendo interventi mirati e continui (Elshani et al., 2020).

Un aspetto che rende la DI ancora più complessa da affrontare è la frequente comorbidità con altri NDD o con condizioni mediche (Stevens et al., 2016). È comune osservare l'associazione con ASD, ADHD o con patologie neurologiche come l'epilessia (Lin & Chang, 2025). Questa concomitanza amplifica le difficoltà già presenti, interferendo con l'apprendimento, la regolazione comportamentale e la partecipazione sociale. Ogni persona con DI presenta quindi un profilo unico, con bisogni specifici che richiedono valutazioni approfondite e interventi interdisciplinari personalizzati (Elshani et al., 2020).

Dal punto di vista educativo, gli studenti con DI incontrano barriere rilevanti all'inclusione scolastica (Collie et al., 2019). Dal punto di vista educativo, gli studenti con DI si confrontano con ostacoli che vanno ben oltre le difficoltà cognitive. Le principali barriere all'inclusione scolastica non risiedono solo nelle caratteristiche intrinseche del disturbo, ma anche nella scarsa flessibilità dei contesti didattici tradizionali (Dakopolos et al., 2024). Le lezioni frontali, le consegne verbali complesse e gli approcci standardizzati presuppongono competenze astratte, attenzione sostenuta e memoria di lavoro, che risultano fortemente compromesse in questi studenti (Kok et al., 2021). Di conseguenza, l'esperienza scolastica rischia di trasformarsi in una fonte costante di frustrazione, demotivazione e fallimento.

Questa situazione, se non affrontata con interventi mirati, può tradursi in esclusione, passività e bassa partecipazione alle attività educative. È quindi fondamentale riconsiderare il concetto stesso di apprendimento scolastico, spostando l'attenzione dall'acquisizione di contenuti formali allo sviluppo di competenze realmente spendibili nella vita quotidiana (Collie et al., 2019).

Per sostenere efficacemente gli alunni con DI, è necessario implementare strategie didattiche che si basino su principi di gradualità, ripetitività e concretezza (Draper, 2022). L'utilizzo di materiali visivi, compiti pratici e routine strutturate consente di ridurre il carico cognitivo, facilitare la comprensione e stimolare l'autonomia operativa. Inoltre, un insegnamento

orientato al “fare” e alla soluzione di problemi della vita reale – come gestire piccole mansioni, riconoscere numeri, orientarsi nello spazio – risulta maggiormente accessibile e motivante, favorendo anche l’autostima e il senso di autoefficacia (Saddler et al., 2019).

In questo quadro, le tecnologie educative, e in particolare i SG e la RE, offrono risorse preziose (Carneiro et al., 2024; Pivetti et al., 2020). I SG permettono di trasformare compiti ripetitivi in esperienze ludiche e coinvolgenti, adattando ritmo e contenuti alle capacità individuali (Stasolla et al., 2024). La RE, con la sua dimensione manipolativa e interattiva, promuove l’apprendimento esperienziale e la cooperazione, sostenendo anche lo sviluppo di abilità trasversali come la comunicazione, la pianificazione e il rispetto delle regole (Di Lieto et al., 2020).

L’uso integrato di queste tecnologie favorisce la personalizzazione dell’insegnamento, riduce le barriere all’apprendimento e contribuisce a creare ambienti inclusivi, in cui ogni studente possa partecipare attivamente secondo le proprie possibilità (Kasari et al., 2021). Per gli alunni con DI, ciò significa non solo accedere all’istruzione, ma farne realmente parte, con un ruolo riconosciuto e valorizzato all’interno della comunità scolastica (Adeleye et al., 2024).

Negli ultimi anni, l’innovazione tecnologica ha offerto nuove possibilità di intervento. I SG si sono dimostrati strumenti capaci di aumentare la motivazione e di favorire l’apprendimento in modo accessibile, grazie alla possibilità di adattare i livelli di difficoltà e fornire feedback immediati (Lin & Chang, 2025). Attraverso scenari ludici e dinamici, i bambini possono esercitare abilità di base come lettura, calcolo e problem solving, sperimentando il successo e rafforzando il senso di autoefficacia. La RE, dal canto suo, propone attività concrete e interattive che stimolano l’attenzione, potenziano le capacità comunicative e facilitano la collaborazione con i pari (Anwar et al., 2019). L’esperienza corporea e relazionale con i robot si rivela particolarmente utile per rafforzare abilità socio-emotive e per trasformare l’apprendimento in un processo più tangibile e coinvolgente (Riedmann et al., 2024).

I benefici derivanti dall'uso di SG e RE si estendono ben oltre l'ambito accademico (Carneiro et al., 2024; Di Lieto et al., 2020). Questi strumenti contribuiscono a promuovere autonomia personale, capacità di relazione e gestione della vita quotidiana, migliorando la qualità della vita delle persone con DI (Dakopolos et al., 2024). Un ruolo decisivo è svolto dal coinvolgimento delle famiglie: quando i caregiver partecipano attivamente ai percorsi educativi, le competenze acquisite a scuola hanno maggiori possibilità di essere trasferite nella quotidianità (Kanniappan et al., 2024). Questo non solo riduce lo stress familiare, ma rafforza il legame educativo tra scuola e casa, favorendo una crescita più armoniosa.

La DI, dunque, si configura come una condizione complessa e articolata, che richiede approcci educativi e terapeutici integrati (Selau et al., 2020). L'utilizzo di SG e RE apre la strada a percorsi di apprendimento più equi, stimolanti e personalizzati, capaci di andare oltre la semplice compensazione delle difficoltà (Anwar et al., 2019). Queste tecnologie, se utilizzate in modo consapevole e integrato, hanno il potenziale di rendere gli interventi più efficaci e sostenibili, facilitando una piena inclusione scolastica e sociale e offrendo nuove prospettive di benessere per le persone con DI e per le loro famiglie (Mattie et al., 2023).

1.5 Disturbi Specifici dell'Apprendimento (DSA)

I DSA rappresentano un gruppo eterogeneo di NDD che interferiscono in modo significativo con l'acquisizione e l'uso delle abilità scolastiche di base, come la lettura, la scrittura e la matematica (Espinass et al., 2025). Si tratta di difficoltà che si manifestano in presenza di un livello intellettivo nella norma e nonostante un'esposizione adeguata all'insegnamento, a dimostrazione del fatto che non dipendono da scarsa istruzione o mancanza di impegno, ma da un funzionamento neurocognitivo atipico che rende complessa la piena automatizzazione delle competenze accademiche (Collie et al., 2019). L'impatto dei DSA è rilevante non solo sul piano scolastico, ma anche sul vissuto emotivo e sociale: bambini e ragazzi con queste difficoltà sperimentano spesso frustrazione, perdita di fiducia nelle proprie capacità e una ridotta partecipazione alla vita della classe (Wyatt et al., 2024). Tali esperienze, se non adeguatamente sostenute, possono influenzare in maniera negativa l'autostima e la motivazione, compromettendo nel lungo periodo la continuità e la qualità del percorso formativo (Camia et al., 2025).

La dislessia costituisce la forma di DSA più studiata e conosciuta (Laskay-Horváth et al., 2025). Essa si manifesta con difficoltà nella lettura accurata e fluente, nella decodifica dei grafemi e nell'ortografia (Snowling et al., 2020). Alla base di queste difficoltà vi sono spesso deficit di consapevolezza fonologica e di memoria di lavoro, che ostacolano l'associazione automatica tra suoni e simboli scritti. Le problematiche legate alla dislessia possono accompagnare l'individuo per tutta la vita, sebbene molti riescano a sviluppare strategie compensative efficaci (Wagner et al., 2020). In ambito scolastico, le conseguenze si riflettono sulla comprensione dei testi, sulla capacità di studiare autonomamente e sull'espressione scritta, generando un rischio concreto di insuccesso formativo (Snowling et al., 2020).

La discalculia, meno conosciuta ma di grande rilevanza, riguarda difficoltà persistenti nell'apprendimento delle abilità numeriche e aritmetiche di base (Price & Ansari, 2013). Bambini con questa condizione faticano a comprendere il concetto di quantità, a memorizzare i fatti aritmetici e a risolvere operazioni anche semplici. Spesso tali difficoltà sono

aggravate da un funzionamento limitato della memoria di lavoro e da deficit nel ragionamento visuo-spaziale, che impediscono di costruire rappresentazioni solide dei concetti matematici (Kucian & Von Aster, 2015). Oltre alle ripercussioni scolastiche, la discalculia incide fortemente sulla vita quotidiana, rendendo complesso gestire il denaro, leggere l'orologio o affrontare semplici compiti di pianificazione (Price & Ansari, 2013). Non di rado, questi studenti sviluppano ansia verso la matematica, che alimenta comportamenti di evitamento e peggiora ulteriormente le difficoltà.

La disgrafia, invece, si caratterizza per problematiche legate alla scrittura, che possono includere testi poco leggibili, errori ortografici frequenti e difficoltà nell'organizzare in modo coerente le idee (McCloskey & Rapp, 2017). Nei casi in cui siano presenti deficit grafomotori, la scrittura diventa lenta, faticosa e spesso fonte di frustrazione (Smits-Engelsman & Van Galen, 1997). Le conseguenze si estendono non solo alla produzione scritta, ma anche alla motivazione: gli studenti con disgrafia tendono a evitare i compiti scritti, riducendo così le opportunità di esercizio e consolidamento delle competenze (Rosenblum & Dror, 2017).

Pur nella loro diversità, le diverse forme di DSA condividono alcune caratteristiche trasversali (Rosenblum & Dror, 2017). Molti alunni presentano una ridotta velocità di elaborazione delle informazioni, difficoltà nelle FE come pianificazione e memoria di lavoro, nonché una vulnerabilità emotiva che li rende più esposti a vissuti di ansia e senso di inadeguatezza (Backenson et al., 2015). Le comorbidità con altri NDD, in particolare con ADHD e ASD, amplificano ulteriormente le sfide, generando profili complessi che richiedono un'attenta valutazione e interventi integrati (Stevens et al., 2016).

Dal punto di vista educativo, i DSA sollecitano la costruzione di strategie didattiche inclusive e personalizzate (Khan et al., 2024). Gli approcci tradizionali, basati su tempi lunghi di attenzione e su metodologie uniformi, risultano spesso inefficaci e rischiano di accentuare le difficoltà (Yue, 2024). Al contrario, risultano promettenti approcci multisensoriali, graduati e modulabili, che consentano di presentare i contenuti in modo flessibile e

stimolante, adattandosi alle caratteristiche cognitive ed emotive di ciascun alunno (Bressane et al., 2024).

In questo scenario, le tecnologie educative assumono un ruolo di rilievo (Todino, 2025). I SG, grazie al loro carattere interattivo e coinvolgente, trasformano esercizi tradizionalmente percepiti come ripetitivi o noiosi in esperienze ludiche e gratificanti (Pérez et al., 2023). Essi stimolano la consapevolezza fonologica, rinforzano la memoria, favoriscono l'acquisizione delle abilità matematiche e riducono l'ansia da prestazione (Colado et al., 2023). Inoltre, la possibilità di calibrare il livello di difficoltà consente di garantire un apprendimento progressivo e personalizzato (García-Redondo et al., 2019). La RE, d'altro canto, introduce un apprendimento incarnato e interattivo: attività di costruzione, programmazione e interazione con robot permettono di rafforzare abilità logiche, visuo-spaziali e collaborative (Pivetti et al., 2020). L'uso della robotica si rivela particolarmente utile per studenti con discalculia o disgrafia, poiché consente di tradurre concetti astratti in esperienze tangibili e di stimolare abilità motorie e sociali (Kálózi-Szabó et al., 2022).

L'inserimento di SG e RE in classi inclusive non solo sostiene gli studenti con DSA, ma arricchisce l'intera esperienza di apprendimento, offrendo benefici anche ai compagni a sviluppo tipico (Morningstar et al., 2015). Ciò si traduce in ambienti educativi più equi, stimolanti e collaborativi, che valorizzano le differenze come risorsa e non come ostacolo (Dignath et al., 2022).

I DSA, dunque, rappresentano una delle sfide più rilevanti per la scuola contemporanea (Parenti et al., 2020). La loro gestione richiede interventi mirati, capaci di andare oltre la semplice compensazione delle difficoltà, per promuovere la motivazione, l'autonomia e il benessere emotivo (Khan et al., 2024). In questo percorso, SG e RE si configurano come strumenti innovativi e promettenti, in grado di contribuire alla costruzione di una didattica realmente inclusiva, che valorizzi le potenzialità individuali e promuova la partecipazione di tutti gli studenti (Colado et al., 2023; Di Lieto et al., 2020).

1.6 Implicazioni Educative e di Sviluppo

I NDD comportano un ventaglio di implicazioni che si estendono ben oltre la sfera clinica, incidendo in profondità sul piano educativo, relazionale e sociale. Ogni condizione diagnostica presenta peculiarità che devono essere affrontate in modo mirato, ma esistono anche aspetti trasversali che invitano a considerare l'importanza di strategie inclusive, integrate e sostenibili. Gli studenti con NDD non si confrontano solo con difficoltà specifiche, ma con un insieme di barriere che condizionano motivazione, autostima e opportunità di partecipazione, richiedendo quindi un approccio pedagogico e riabilitativo che sappia valorizzare i punti di forza individuali e prevenire l'isolamento o la marginalizzazione (Beenstock et al., 2021).

Nel caso dell'ASD, le implicazioni educative sono particolarmente legate alle difficoltà di comunicazione sociale, alla rigidità cognitiva e alla necessità di prevedibilità degli ambienti (Carneiro et al., 2024). L'insegnamento deve essere fortemente strutturato e ancorato a supporti visivi, routine chiare e regole di interazione esplicite, affinché gli studenti possano orientarsi con maggiore sicurezza (Harris & Sass, 2011). Tuttavia, oltre alle strategie tradizionali, stanno emergendo pratiche innovative che trasformano le aree di maggiore vulnerabilità in opportunità di apprendimento. I SG, ad esempio, consentono di esercitare abilità socio-emotive e di ridurre ansia e frustrazione attraverso contesti ludici (Gallardo Vergara & Monserrat Gallardo, 2023), mentre la RE offre interazioni chiare e ripetibili che si rivelano preziose per chi fatica a interpretare i segnali sociali complessi (Di Lieto et al., 2020). L'unione di queste tecnologie non solo promuove la partecipazione scolastica, ma può anche ridurre il senso di isolamento, incoraggiando la costruzione di relazioni con i pari in contesti protetti e motivanti (Beenstock et al., 2021).

Per l'ADHD, la questione educativa si concentra sulla gestione della disattenzione, dell'impulsività e dell'iperattività. Gli studenti con questa condizione spesso sperimentano un circolo vizioso: difficoltà a mantenere l'attenzione e a organizzarsi nei compiti, feedback negativi da parte di insegnanti e compagni, senso di frustrazione e calo della motivazione. È

necessario, pertanto, un approccio didattico basato su attività brevi, variegate e interattive, che riducano il rischio di disimpegno e forniscano rinforzi frequenti e immediati. I SG, attraverso meccaniche di gioco calibrate, sostengono la motivazione, potenziano le FE e favoriscono l'autoregolazione, mentre la RE offre esperienze pratiche che incanalano l'energia in compiti costruttivi, migliorando la capacità di pianificazione e collaborazione. Quando utilizzate in modo integrato, queste tecnologie creano percorsi ibridi che rispondono simultaneamente alle difficoltà cognitive e comportamentali, migliorando l'esperienza scolastica e riducendo il rischio di esclusione.

Gli studenti con DI presentano profili educativi che richiedono gradualità, supporto costante e un'attenzione particolare alle abilità adattive (Elshani et al., 2020). L'obiettivo principale, in questo caso, non riguarda esclusivamente l'acquisizione di competenze accademiche, ma soprattutto lo sviluppo dell'autonomia e della capacità di affrontare le sfide della vita quotidiana (Schalock et al., 2010). Le difficoltà cognitive, unite a limitazioni nel comportamento adattivo, incidono sulla gestione della comunicazione, della cura di sé e delle relazioni sociali, richiedendo interventi intensivi e multidimensionali (Khan et al., 2024). I SG possono favorire il consolidamento di abilità di base attraverso esperienze ripetitive ma gratificanti, mentre la RE offre opportunità di apprendimento esperienziale, migliorando non solo le capacità logiche e motorie, ma anche la collaborazione con i pari (García-Redondo et al., 2019). Questi interventi risultano particolarmente efficaci se accompagnati da un coinvolgimento attivo delle famiglie, che possono sostenere la generalizzazione delle competenze dagli ambienti scolastici a quelli domestici e comunitari, contribuendo così a una maggiore qualità della vita e a una riduzione del carico dei caregiver (Colado et al., 2023).

Per i DSA, le implicazioni educative richiedono un equilibrio delicato tra il potenziamento delle abilità deficitarie e l'adozione di strategie compensative (Draper, 2022). La dislessia, ad esempio, implica attività mirate alla consapevolezza fonologica e strumenti che supportino la

decodifica; la discalculia richiede interventi per rafforzare il senso del numero e strategie visuo-spaziali per il problem-solving (Laskay-Horváth et al., 2025); la disgrafia necessita di supporti per la coordinazione motoria fine e l'organizzazione del pensiero scritto (McCloskey & Rapp, 2017). Parallelamente, strumenti compensativi come mappe concettuali, software di sintesi vocale o programmi di videoscrittura riducono il carico cognitivo e facilitano l'accesso al curriculum, sostenendo l'autonomia e l'autoefficacia (Van Der Meer et al., 2011). In questo contesto, i SG si configurano come strumenti versatili, in grado di rendere attività ripetitive più stimolanti e di rinforzare literacy e numeracy in modalità non stigmatizzanti (Eichenberg & Schott, 2017), mentre la RE si rivela utile per favorire abilità visuo-spaziali e motorie fini, promuovendo anche collaborazione e problem-solving in gruppo (Di Lieto et al., 2020).

Un ulteriore elemento di rilievo riguarda la formazione e il ruolo degli insegnanti (Harris & Sass, 2011). Perché queste strategie abbiano successo, è necessario che i docenti non solo conoscano le caratteristiche dei diversi NDD, ma siano anche in grado di integrare strumenti innovativi nella didattica quotidiana, adattando le metodologie alle esigenze dei singoli e monitorando in maniera sistematica i progressi (Harris & Sass, 2011). La collaborazione con le famiglie e con gli specialisti diventa in questo quadro imprescindibile: costruire piani educativi individualizzati efficaci significa garantire coerenza tra interventi scolastici, sostegno familiare e trattamenti clinici, così da assicurare continuità e generalizzazione delle competenze (Khan et al., 2024).

In prospettiva più ampia, l'integrazione di SG e RE si inserisce pienamente nei principi dell'UDL, che promuove una didattica flessibile, equa e accessibile a tutti (Veletsianos & Houlden, 2019). Offrire più modalità di rappresentazione, di espressione e di coinvolgimento non solo sostiene gli studenti con NDD, ma arricchisce l'esperienza educativa dell'intera classe (Lense et al., 2021). Strategie pensate per ridurre le barriere di alcuni si trasformano così in innovazioni capaci di migliorare la

qualità dell'istruzione per tutti, favorendo ambienti realmente inclusivi e orientati al benessere complessivo (Dignath et al., 2022).

Capitolo 2 - Dimensioni Cognitive, Sociali e Comunicative nei Disturbi del Neurosviluppo

2.1 Funzionamento Cognitivo e Processi Esecutivi nei Disturbi del Neurosviluppo

Il funzionamento cognitivo nei NDD presenta un marcato grado di eterogeneità, con ogni condizione caratterizzata da specifici profili di punti di forza e di debolezza (Lense et al., 2021). Tra i diversi ambiti cognitivi, uno dei più frequentemente compromessi è il funzionamento esecutivo (Zelazo, 2020). Questi processi cognitivi di ordine superiore—generalmente definiti come memoria di lavoro, controllo inibitorio e flessibilità cognitiva—svolgono una funzione di coordinamento e regolazione, poiché permettono di dirigere l'attenzione, gestire le strategie di apprendimento, pianificare le azioni e adattare il comportamento alle richieste del contest (Dajani et al., 2016). Quando alterate, le FE possono generare ricadute significative non solo sull'apprendimento scolastico, ma anche sull'interazione sociale, sulla regolazione delle emozioni e sul funzionamento nella vita quotidiana (Sadozai et al., 2024).

Nell'ASD, il funzionamento cognitivo è spesso descritto come “a picchi”, con profili disomogenei in cui alcune abilità risultano altamente sviluppate mentre altre rimangono deficitarie (Velikonja et al., 2019). Negli individui senza disabilità intellettiva associata, si osservano frequentemente punti di forza nel ragionamento visuospaziale, nella sistematizzazione e nell'elaborazione focalizzata sul dettaglio (Rezaee et al., 2025). Queste capacità possono favorire il successo in compiti basati su regole fisse o sul riconoscimento di schemi ripetitivi. Parallelamente, i limiti nella flessibilità cognitiva riducono la capacità di cambiare prospettiva e trasferire strategie a contesti nuovi o meno strutturati (Hope et al., 2023). Un bambino, ad esempio, può memorizzare con precisione le tabelline insegnate tramite un SG strutturato, ma incontrare difficoltà nell'applicarle a problemi quotidiani, come calcolare il resto durante un acquisto (Chin & Fu, 2021).

Nei casi in cui l'ASD si presenta in comorbidità con una disabilità intellettiva, le difficoltà cognitive tendono a essere più pervasive e si sommano al quadro di base (Banker et al., 2021). Oltre alle sfide socio-comunicative, possono manifestarsi lentezza nell'elaborazione delle informazioni, limiti nel ragionamento astratto e una ridotta capacità di problem-solving, che richiedono supporti educativi più intensivi e strategie maggiormente focalizzate sulle abilità funzionali e adattive (Baldassarri et al., 2021).

Questa disomogeneità evidenzia l'importanza di adottare approcci educativi che valorizzino i punti di forza e compensino le aree di fragilità. I compiti altamente strutturati e prevedibili risultano utili per favorire l'apprendimento, ma è fondamentale integrare strategie che promuovano la generalizzazione, l'autonomia e la flessibilità cognitiva, affinché le competenze apprese siano trasferibili nella vita reale (Khan et al., 2024).

Nell'ADHD, il deficit delle FE si manifesta principalmente con difficoltà nell'attenzione sostenuta, nella memoria di lavoro e nel controllo inibitorio (Stevens et al., 2016). Tali compromissioni rientrano nel dominio delle FE e si manifestano in forma di distraibilità, difficoltà nel mantenere la concentrazione durante compiti prolungati o monotoni, e risposte impulsive (Sadozai et al., 2024). In ambito scolastico, queste fragilità si traducono frequentemente in attività lasciate incomplete, errori dovuti a risposte affrettate e difficoltà nel seguire istruzioni articolate in più passaggi (Alamri et al., 2020).

Accanto all'acquisizione di competenze scolastiche, è spesso compromesso anche il monitoraggio metacognitivo: i bambini con ADHD possono non riconoscere gli errori commessi, sovrastimare la correttezza delle proprie risposte o non riuscire a modificare strategie inefficaci (Crepaldi et al., 2020a). Questo duplice impatto sulla performance cognitiva e sulla consapevolezza di sé contribuisce in modo significativo alle difficoltà scolastiche persistenti, anche in presenza di un'istruzione adeguata.

Nella DI, le limitazioni cognitive tendono a essere più diffuse e pervasive, coinvolgendo lentezza nell'elaborazione delle informazioni, ridotta capacità di problem-solving e difficoltà nei processi di astrazione (Elshani et al., 2020). Tuttavia, nonostante questo quadro generalizzato, possono emergere aree di relativa forza, come la memoria procedurale e l'apprendimento per imitazione. Molti studenti con DI rispondono positivamente a percorsi basati sulla ripetizione strutturata e su contesti pratici e concreti (Fletcher & Miciak, 2024).

Mentre attività che richiedono ragionamento astratto, come l'algebra o la logica formale, risultano spesso ostiche, approcci didattici gradualmente e visivi – come quelli offerti da SG o RE – possono facilitare l'acquisizione di routine funzionali (Anwar et al., 2019; Pérez et al., 2023). In particolare, i SG e la RE traducono concetti astratti in esperienze concrete e interattive, riducendo il carico cognitivo con supporti visivi e feedback immediati (El-Sattar, 2023).

Valorizzare le abilità preservate non significa semplificare gli obiettivi educativi, ma riformularli in modo funzionale e contestualizzato, trasformando l'apprendimento scolastico in esperienze trasferibili alla vita quotidiana (Bennewith et al., 2024). Questa impostazione costituisce la base per strategie compensative efficaci, capaci di promuovere autonomia, partecipazione attiva e benessere negli studenti con DI (Schalock et al., 2021).

I DSA, in particolare dislessia e discalculia, rappresentano esempi di deficit specifici e circoscritti del funzionamento cognitivo (Draper, 2022). La dislessia è tipicamente associata a compromissioni nella consapevolezza fonologica, nella rapidità di denominazione e nella memoria di lavoro, che ostacolano la fluency e la comprensione del testo scritto (Snowling et al., 2020). La discalculia, invece, è legata a difficoltà nella rappresentazione numerica, nel ragionamento visuospatiale e nella memoria di lavoro visuospatiale, con ripercussioni significative sulle abilità aritmetiche e sul pensiero quantitative (Price & Ansari, 2013). È importante sottolineare che tali difficoltà si manifestano in presenza di un funzionamento intellettivo

nella norma o superiore in altri domini. Proprio per questa ragione, la natura selettiva dei DSA evidenzia come difficoltà cognitive specifiche possano compromettere profondamente il rendimento scolastico, anche in assenza di DI (Draper, 2022). Questo ribadisce la necessità di interventi mirati, calibrati sulle caratteristiche del profilo funzionale dello studente e orientati al potenziamento di abilità specifiche (Khan et al., 2024).

Nonostante la varietà dei profili clinici nei diversi NDD, un elemento trasversale è rappresentato dal deficit nelle FE, che si configura come uno dei principali ostacoli all'apprendimento e all'adattamento scolastico (Bal et al., 2024). Le difficoltà nella memoria di lavoro compromettono la capacità di mantenere e manipolare informazioni utili al compito, come ricordare i passaggi di un'operazione matematica o seguire istruzioni complesse (Daher, 2022). Le debolezze nel controllo inibitorio rendono difficile sopprimere distrazioni o risposte impulsive, mentre i deficit nella flessibilità cognitiva ostacolano il passaggio tra attività, l'adattamento a nuove richieste e l'uso di strategie alternative di problem-solving (Coufal, 2022).

Questi processi non agiscono isolatamente, ma interagiscono tra loro, generando effetti cumulativi che aumentano il rischio di insuccesso scolastico, frustrazione e difficoltà socio-emotive (Collie et al., 2019). Per questo motivo, le FE devono essere considerate un elemento centrale nella progettazione di interventi educativi, indipendentemente dalla diagnosi specifica (Wang et al., 2025).

Le implicazioni educative derivanti dai deficit esecutivi nei NDD sono notevoli. I metodi didattici tradizionali, infatti, presuppongono spesso un funzionamento esecutivo intatto, richiedendo agli studenti di mantenere l'attenzione, seguire istruzioni complesse e svolgere attività in autonomia prolungata (Liu et al., 2024). Per molti alunni con NDD, queste richieste risultano inadeguate rispetto ai loro profili cognitivi, generando frustrazione, demotivazione e un progressivo disimpegno scolastico (Lense et al., 2021). Al contrario, approcci didattici differenziati, che segmentano i compiti in unità più semplici, utilizzano supporti visivi e multimodali e

offrono feedback immediati e frequenti, risultano più efficaci nel sostenere l'apprendimento (Khan et al., 2024).

Inquadrare i profili cognitivi dei NDD attraverso il deficit delle FE è fondamentale, poiché questo rappresenta una componente centrale che ostacola l'apprendimento e la generalizzazione delle conoscenze (Lense et al., 2021). In questo scenario, i SG e la RE si configurano come strumenti strategici proprio perché intervengono in modo mirato su queste abilità (Stasolla et al., 2025). Nello specifico, i SG e la RE supportano le FE in questo modo:

- **Controllo Inibitorio:** I SG spesso richiedono di attendere il momento giusto per agire o di ignorare distrattori, allenando la capacità di sopprimere risposte impulsive (Tang et al., 2019). Analogamente, la robotica promuove l'inibizione attraverso attività che richiedono il rispetto dei turni e l'attesa che il robot completi un'azione prima di procedere (Anwar et al., 2019).
- **Memoria di Lavoro:** Molti giochi costringono l'utente a tenere a mente regole, obiettivi e informazioni per risolvere sfide (Eichenberg & Schott, 2017). La programmazione di un robot, a sua volta, richiede di pianificare e memorizzare sequenze di comandi per raggiungere un risultato (Azizi et al., 2022).
- **Flessibilità Cognitiva:** In un SG, il giocatore deve spesso cambiare strategia quando quella iniziale fallisce (Carlier et al., 2020). Nella robotica, il processo di debugging è un esercizio diretto di flessibilità cognitiva, poiché costringe lo studente a rivedere il proprio ragionamento e a trovare soluzioni alternative quando il robot non si comporta come previsto (Chevalier et al., 2020).

In questo modo, SG e RE creano ambienti di apprendimento che non si limitano a trasmettere nozioni, ma allenano attivamente i processi cognitivi che ne permettono l'acquisizione e l'utilizzo efficace (Bal et al., 2024).

2.2 Interazioni sociali e Comunicazione nei Disturbi del Neurosviluppo

L'interazione sociale e la comunicazione rappresentano domini fondamentali del funzionamento che risultano profondamente compromessi negli alunni con NDD (Lense et al., 2021). Queste difficoltà raramente si presentano in modo isolato: esse interagiscono dinamicamente con i profili cognitivi ed esecutivi, influenzando non solo gli esiti accademici, ma anche la partecipazione più ampia alla vita sociale e familiare (Hope et al., 2023). Sebbene la natura dei deficit vari tra ASD, ADHD, DI e DSA, il denominatore comune risiede nella difficoltà a stabilire interazioni reciproche, efficaci e adeguate dal punto di vista evolutivo (Stasolla et al., 2025).

Nel ASD, i deficit di reciprocità sociale e comunicazione costituiscono tratti diagnostici distintivi (Talantseva et al., 2023). Molti bambini mostrano ritardi o atipicità nello sviluppo del linguaggio, che spaziano da un uso limitato di gesti, espressioni facciali o contatto oculare, a difficoltà pragmatiche nel mantenere conversazioni o interpretare segnali sociali (Iverson, 2018). Tali difficoltà non si limitano ai casi con difficoltà nel linguaggio; anche nei pazienti con linguaggio fluente, la comunicazione è frequentemente caratterizzata da rigidità, interpretazioni letterali o da una ridotta capacità di assumere la prospettiva altrui (Van Der Meer et al., 2011). Queste caratteristiche compromettono profondamente sia le relazioni con i pari sia la partecipazione a contesti collaborativi di apprendimento. Ad esempio, la difficoltà a comprendere la teoria della mente e l'aderenza a schemi comunicativi rigidi possono manifestarsi in modi specifici: manifestazioni dei deficit di reciprocità sociale e manifestazioni dei deficit di comunicazione (Khan et al., 2024).

Un primo esempio concreto di deficit nella reciprocità conversazionale è osservabile quando un bambino con ASD espone in modo prolungato un argomento specifico e preferito (ad esempio, la potenza dei motori dei treni), ignorando sistematicamente i tentativi dell'interlocutore di cambiare tema o di condividere un interesse diverso. La conversazione diventa un

monologo, poiché il bambino mostra una scarsa capacità di assumere la prospettiva altrui, non riconoscendo l'assenza di interesse del compagno (Padovani & Iori, 2011). Nello scambio tra pari, il deficit si palesa quando, a un tentativo del compagno di inserire un argomento nuovo come "Anch'io ho visto un treno, ma preferisco i robot", il soggetto con ASD ignora il commento e prosegue con i fatti sui treni, senza porre domande o riconoscere la deviazione tematica (Kotila et al., 2020).

Una seconda manifestazione tipica è l'interpretazione letterale del linguaggio. Le espressioni idiomatiche, le metafore o il sarcasmo vengono processati in base al loro significato letterale, causando incomprensioni (Petit et al., 2025). Se un'amica, in un contesto informale e con tono scherzoso, afferma: "Muoi dalla voglia di prendere il sale" per chiedere un favore, il soggetto con ASD potrebbe rispondere con serietà: "Morire è un termine esagerato per il sale, sei solo assetata, forse", non riuscendo a cogliere l'espressione figurata o il tono (Lampri et al., 2024). Allo stesso modo, il ridotto uso di gesti e il limitato contatto oculare diminuiscono l'efficacia della comunicazione, rendendo difficile per l'interlocutore decifrare l'intenzione comunicativa e l'umore del soggetto (Petit et al., 2025).

Per mitigare queste barriere, interventi strutturati, come attività di role-playing mediate da robot o l'uso di meccaniche di gioco collaborativo nei SG, si sono rivelati promettenti (Severino et al., 2024). Essi offrono infatti contesti prevedibili e basati su regole chiare in cui i comportamenti sociali possono essere esercitati e generalizzati (Khan et al., 2024).

Nell'ADHD, le difficoltà comunicative non costituiscono sintomi primari, ma emergono frequentemente come conseguenza secondaria di impulsività e disattenzione (Liu et al., 2024). I bambini possono interrompere i pari, faticare a rispettare i turni conversazionali o infrangere le regole di gruppo, comportamenti spesso percepiti come intrusivi o dirompenti (Rau et al., 2020). La disregolazione emotiva aggrava ulteriormente tali difficoltà, aumentando il rischio di conflitti, rifiuto da parte dei coetanei e isolamento sociale (Beenstock et al., 2021). In classe, questi problemi possono

ostacolare la partecipazione a compiti cooperativi, nonostante abilità cognitive adeguate (Kálózi-Szabó et al., 2022; Stasolla et al., 2025).

In tali contesti, i SG e la robotica possono assumere un ruolo mediatore, offrendo contesti strutturati per allenare queste abilità (Stasolla et al., 2025). Ad esempio, un SG collaborativo può richiedere a due giocatori di costruire un oggetto insieme, attivando il controllo di un solo giocatore alla volta: il gioco non prosegue se i turni non vengono rispettati, rinforzando così l'autocontrollo in modo visivo e immediato (Bei et al., 2024). Un robot sociale, d'altra parte, può facilitare un'interazione conversazionale guidata; se il bambino lo interrompe, il robot può essere programmato per fermarsi e riproporre la regola del turno con una frase neutra e non giudicante, come "Aspetta, è il mio turno. Poi toccherà a te", offrendo un'opportunità di esercitare la reciprocità in un ambiente sicuro e prevedibile (Bei et al., 2024).

Nella DI sono comuni limitazioni sia nel linguaggio espressivo sia in quello ricettivo. Il vocabolario tende a essere ristretto, le strutture sintattiche semplificate e la comprensione del linguaggio astratto o figurato compromessa (Schalock et al., 2010). Tuttavia, molti bambini con DI manifestano una forte motivazione sociale: cercano attivamente l'interazione, anche in presenza di ridotte capacità linguistiche (Mattie et al., 2023). Questo divario tra motivazione e abilità espressive può generare frustrazione. È quindi fondamentale offrire canali comunicativi multimodali come ausili visivi, gesti o sistemi di CAA (Stasolla et al., 2025). La robotica, in particolare, può facilitare la comunicazione offrendo partner di interazione prevedibili e strutturati (Anwar et al., 2019).

Studi empirici confermano questo potenziale: ricerche (Conti et al., 2021) hanno dimostrato che l'interazione con robot umanoidi migliora l'attenzione congiunta e l'imitazione in bambini con DI, abilità che sono alla base della comunicazione. Allo stesso modo, lo studio di Panceri et al. (Panceri et al., 2021) ha utilizzato un robot socialmente assistivo integrato con giochi per migliorare le abilità comunicative in bambini con Sindrome di Down, riducendo le barriere alla partecipazione.

Nei DSA, il quadro è più sfumato in quanto la dislessia, la discalculia e la disgrafia non compromettono direttamente la reciprocità sociale, ma possono avere effetti secondari significativi (Espinass et al., 2025). Le difficoltà di lettura e scrittura possono limitare la partecipazione a compiti collaborativi basati sulla comunicazione scritta e, con il tempo, le esperienze ripetute di insuccesso scolastico possono ridurre l'autostima, portando a ritiro sociale o evitamento (Chiapparino et al., 2011). Questi effetti secondari mostrano come le difficoltà accademiche possano estendersi al dominio sociale. I SG, inseriti in contesti non stigmatizzanti e motivanti, offrono possibilità per rinforzare abilità di lettura o calcolo, favorendo al contempo la cooperazione e le competenze comunicative (García-Redondo et al., 2019).

Ad esempio, studi pilota come quello di Stasolla et al. (Stasolla et al., 2025) hanno mostrato come interventi basati su SG e robotica possano migliorare non solo le abilità matematiche nei bambini con discalculia, ma anche la loro motivazione e autoefficacia. Allo stesso modo, SG come Qazaqsha Logoped (Hostovecky & Tokovska, 2025) si sono rivelati efficaci nel migliorare l'accuratezza della lettura in modo ludico. Offrendo un ambiente in cui lo studente può sperimentare il successo, questi strumenti riducono l'ansia da prestazione e possono incentivare una maggiore partecipazione a compiti collaborativi, come dimostrato in contesti di gioco virtuale (Fitzpatrick et al., 2017).

In tutti i NDD, lo sviluppo emotivo è strettamente intrecciato con quello sociale e comunicativo (Abín et al., 2024). Bambini con DSA possono non cogliere segnali emotivi sottili, quelli con ADHD possono reagire con eccessiva intensità, mentre alunni con DI possono fraintendere le intenzioni degli altri (Fletcher & Miciak, 2024). Queste difficoltà compromettono le relazioni con i pari e aumentano la vulnerabilità a fenomeni di esclusione o bullismo. È quindi essenziale includere nei programmi educativi e terapeutici percorsi per la alfabetizzazione emotiva (Baldassarri et al., 2021). SG e Robotica Sociale (RS) offrono contesti strutturati per esercitare il riconoscimento delle emozioni, la presa di prospettiva e risposte affettive

adeguate, sostenendo così sia la competenza sociale sia la resilienza (Panceri et al., 2021).

Le implicazioni educative includono ma non si limitano le pratiche didattiche contemporanee con una crescente importanza all'apprendimento cooperativo, al tutoring tra pari e ai progetti di gruppo, ma gli studenti con NDD rischiano l'emarginazione se privi di adeguati sostegni (Graham & Phelps, 2003). La difficoltà a comprendere segnali sociali impliciti, a gestire la turnazione nei dialoghi o a mantenere un comportamento regolato nei contesti di gruppo può ostacolare la loro partecipazione attiva e significativa (Backenson et al., 2015).

Per rispondere a queste criticità, è necessario adottare strategie didattiche che esplicitino le regole dell'interazione, utilizzino supporti visivi e strutturino i ruoli nei lavori di gruppo in modo flessibile ma chiaro (Khan et al., 2024). Interventi strutturati e interattivi – come SG collaborativi o attività di gruppo mediate da robot – possono rappresentare strumenti inclusivi per favorire reciprocità, comunicazione e cooperazione. In particolare, i SG possono simulare situazioni sociali complesse in ambienti protetti e prevedibili, favorendo l'apprendimento graduale di comportamenti appropriati (Eichenberg & Schott, 2017). La robotica sociale, invece, consente di introdurre partner comunicativi non giudicanti e controllabili, utili per esercitare abilità come l'ascolto attivo, il rispetto delle regole conversazionali o la gestione di emozioni negative (Kálózi-Szabó et al., 2022).

L'efficacia degli interventi basati su SG e RS è ampiamente corroborata dagli studi empirici, i quali ne hanno evidenziato i benefici nel potenziamento delle abilità sociali e nella regolazione comportamentale (Valentini & Raffaghelli, 2024). La RS per l'Interazione e la Regolazione, in particolare, ha dimostrato di essere uno strumento prezioso. Ricerche condotte su bambini con ASD hanno documentato come l'interazione con robot umanoidi sia in grado di aumentare la frequenza dei comportamenti prosociali e di migliorare l'attenzione congiunta (Belpaeme et al., 2018; Pennisi et al., 2016). Questo effetto è attribuibile alla prevedibilità della

macchina e alla semplificazione delle espressioni facciali e della comunicazione non verbale, elementi che riducono l'ansia e la sovrastimolazione tipiche dell'interazione umana complessa. In tal senso, uno studio (Rinaldi et al., 2023) sottolinea come l'approccio della RS abbia raggiunto significativi livelli di efficacia nello sviluppo delle competenze di condivisione dell'attenzione e comunicative negli allievi con ASD, fungendo da mediatore affidabile tra il bambino e il contesto sociale. Inoltre, la RE e RS contribuisce al potenziamento delle abilità non cognitive essenziali per l'inclusione, quali la tolleranza alla frustrazione, la perseveranza e l'autocontrollo (Musicco et al., 2024).

I SG rappresentano un altro fronte di ricerca promettente. Questi ambienti ludici, basati su strategie quali il feedback immediato e l'apprendimento contestualizzato, non solo migliorano le prestazioni sul compito, ma anche l'autoefficacia (Tang et al., 2019). Essi sono particolarmente efficaci per lo sviluppo delle soft skills di tipo relazionale e cooperativo. A riprova di ciò, studi come quello di Fabio e Pellegatta (Fabio & Pellegatta, 2010) hanno dimostrato il potenziale degli SG nell'incrementare la collaborazione tra studenti attraverso attività di problem solving (ad esempio, la riorganizzazione di spazi comuni), coinvolgendo attivamente gli alunni in un processo decisionale cooperativo e sviluppando, di conseguenza, le loro capacità di pensiero critico e creativo in un contesto inclusivo (Coufal, 2022).

In un'ottica inclusiva, tali strumenti possono essere integrati all'interno di laboratori interdisciplinari, momenti di peer education o percorsi di educazione socio-emotiva condivisi tra alunni con e senza disabilità, favorendo un clima scolastico accogliente e cooperativo (Carter et al., 2014). Non si tratta solo di facilitare l'apprendimento di competenze sociali nei bambini con NDD, ma di costruire contesti educativi più equi, accessibili e orientati alla partecipazione di tutti (Carter et al., 2014).

Infine, le difficoltà comunicative non si limitano all'ambiente scolastico, ma si estendono anche alla vita familiare (Brignell et al., 2018). Molti genitori riportano frustrazione e stress derivanti dalle limitate possibilità di

comunicazione reciproca, con conseguenti ripercussioni sul clima relazionale domestico (Collie et al., 2019). Interventi che includono i familiari – ad esempio giochi digitali o attività robotiche condivise – possono promuovere un coinvolgimento reciproco, ridurre il carico dei caregiver e rafforzare le dinamiche familiari positive (Kanniappan et al., 2024).

Pur variando nei profili specifici tra i diversi NDD, le compromissioni sociali e comunicative hanno conseguenze universali e profonde (Lense et al., 2021). Questi domini costituiscono non solo obiettivi cruciali di intervento, ma anche mediatori di esiti evolutivi più ampi. L'impiego di strumenti strutturati, interattivi ed ecologicamente validi come i SG e la RE rappresenta una via promettente per sostenere non solo l'apprendimento accademico, ma anche la partecipazione sociale, lo sviluppo emotivo e il benessere familiare (Brasseur et al., 2013).

2.3 Regolazione Emotiva e Comportamentale

La regolazione emotiva e comportamentale si riferisce alla capacità di monitorare, controllare e adattare le proprie risposte emotive e le proprie azioni in funzione delle richieste situazionali (Espenes et al., 2024). Nei bambini con NDD, le difficoltà in questo dominio sono altamente prevalenti e hanno conseguenze profonde, influenzando il benessere individuale, l'impegno scolastico, le relazioni con i pari e le dinamiche familiari (Lopes et al., 2003). Tali problematiche si manifestano spesso sotto forma di iperreattività, impulsività, rigidità cognitiva o difficoltà nei passaggi da un compito all'altro, ostacolando l'apprendimento e la partecipazione sociale (Crepaldi et al., 2020a).

Nell'ASD, le compromissioni nella regolazione emotiva sono strettamente collegate ai deficit di flessibilità e di reciprocità sociale (Banker et al., 2021). Molti bambini sperimentano reazioni intense di fronte a piccoli cambiamenti di routine, a sovraccarico sensoriale o a incomprensioni sociali, che possono sfociare in crisi di rabbia, ritiro o comportamenti ripetitivi (Mottron, 2021). La rigidità e la perseverazione riducono ulteriormente la capacità di adattarsi a contesti nuovi, complicando la gestione delle richieste scolastiche o delle attività collaborative (Dakopoulos et al., 2024). Inoltre, difficoltà nell'identificazione e nell'espressione delle emozioni rendono più complesso l'autocontrollo, poiché i bambini faticano a comunicare il disagio o a chiedere aiuto in modo efficace (Van Kleef & Côté, 2022). Ciò comporta un carico aggiuntivo per insegnanti e caregiver, che devono spesso anticipare i fattori scatenanti e implementare strategie strutturate per prevenire o gestire le crisi (Lyu et al., 2024). In questo ambito, i SG e la RE hanno mostrato potenzialità: gli ambienti gamificati possono aiutare i bambini a esercitare strategie di coping in contesti prevedibili, mentre i robot sociali possono modellare comportamenti calmanti o guidare le transizioni attraverso prompt coerenti e rassicuranti (Riedmann et al., 2024).

In questo ambito, gli strumenti tecnologici, in particolare i SG e la RE, offrono un supporto concreto, intervenendo sui meccanismi specifici della disregolazione emotiva (Villani et al., 2018).

Il ricorso a questi strumenti si dimostra efficace attraverso specifici meccanismi di intervento. La difficoltà di adattamento ai cambiamenti di routine tipica dell'ASD può innescare una crisi di rabbia intensa o pianto inconsolabile se, ad esempio, l'ora di matematica viene scambiata con l'ora di arte senza il dovuto preavviso (Carter et al., 2014). Per mitigare tale rigidità, un sistema di RE può essere impiegato per guidare le transizioni improvvise. Il robot, agendo come mediatore neutrale e prevedibile, comunica il cambiamento con una voce rassicurante e un prompt visivo sul suo schermo (come una freccia che indica "Ora facciamo Arte"), modellando un comportamento calmante e fornendo coerenza in una situazione stressante per l'alunno (Beaudoin et al., 2021).

Inoltre, la difficoltà nell'identificazione del proprio stato di disagio può portare il bambino a reagire a un sovraccarico sensoriale (ad esempio, il rumore eccessivo in mensa) non verbalizzando la propria ansia, ma manifestandola attraverso un ritiro sociale o l'adozione di comportamenti ripetitivi (Leekam et al., 2011). Per affrontare questa lacuna, un SG può essere utilizzato per l'alfabetizzazione emotiva in ambienti simulati. Il gioco virtuale può presentare scenari sensoriali stressanti e richiedere all'alunno di selezionare l'emozione provata da una palette visiva (es. "Ansia", "Fastidio") (Benavente Ferrera et al., 2023). Successivamente, il SG guida la selezione di una strategia di coping adeguata (ad esempio, "Chiedi le cuffie antirumore" o "Vai nell'angolo calmo"), aiutando così il bambino a esercitare strategie di autoregolazione in contesti prevedibili e fornendo uno script comportamentale da generalizzare nella realtà (Riedmann et al., 2024).

Nell'ADHD, la disregolazione emotiva e comportamentale rappresenta una sfida persistente e spesso invalidante quanto i sintomi principali di disattenzione e iperattività (Stevens et al., 2016). I bambini mostrano frequentemente irritabilità, bassa tolleranza alla frustrazione e reazioni

impulsive a situazioni stressanti o conflitti con i pari (Collie et al., 2019). Questi comportamenti interferiscono con le attività scolastiche, compromettono le relazioni sociali e contribuiscono a episodi di esclusione o provvedimenti disciplinari (Lopes et al., 2003). In classe, le difficoltà si manifestano in interruzioni verbali, difficoltà nell'attendere il proprio turno o resistenze nel rispettare le istruzioni. Senza supporti mirati, tali pattern aumentano il rischio di scarso rendimento e abbandono scolastico (Jangmo et al., 2019). I SG centrati sul controllo esecutivo e gli interventi robotici che incoraggiano l'automonitoraggio attraverso turn-taking e feedback iterativi hanno mostrato efficacia nel rinforzare l'autoregolazione, trasformando la pratica del controllo in un'attività motivante e gratificante (Stasolla et al., 2025).

Nella DI, le difficoltà di regolazione derivano spesso dall'interazione tra limitazioni cognitive e comunicative (Chorna et al., 2024). La scarsa comprensione delle regole sociali, l'incapacità di esprimere bisogni o di risolvere problemi può sfociare in frustrazione, comportamenti aggressivi, ritiro o stereotipie (Bannon et al., 2022). Sebbene molti bambini con DI mostrino una forte motivazione sociale, le ridotte capacità di regolazione li rendono dipendenti da supporti esterni forniti da insegnanti, genitori e terapeuti (Elshani et al., 2020). Tale dipendenza può generare elevati livelli di stress familiare, poiché i caregiver si trovano frequentemente a gestire comportamenti problematici e a garantire contesti sicuri (Zimmer & Dunn, 2021).

I supporti tecnologici, come i SG e i robot sociali, rappresentano strumenti efficaci per sostenere l'autoregolazione nei bambini con DI (Haleem et al., 2022). I SG possono offrire routine prevedibili, feedback immediati e ambienti digitali privi di giudizio, facilitando l'apprendimento di strategie alternative alla frustrazione, come la richiesta di aiuto, la pausa o la scelta di un comportamento adeguato (Almurashi et al., 2022).

Il supporto all'autoregolazione si manifesta attraverso due meccanismi complementari:

Un primo meccanismo riguarda l'apprendimento di strategie alternative alla frustrazione mediato dagli SG. Quando un alunno con DI manifesta frustrazione e rifiuto di fronte a un compito percepito come troppo difficile (ad esempio, gettando gli oggetti o urlando), un SG può intervenire simulando la situazione problematica (Daud et al., 2023). In caso di errore, anziché una penalizzazione, il gioco presenta un menù visivo di opzioni di coping (come "Fai una pausa di 1 minuto" o "Chiedi aiuto"). L'alunno è quindi addestrato a selezionare l'opzione di autoregolazione corretta, ricevendo un rinforzo immediato e positivo per la scelta del comportamento regolato, non solo per il successo nel compito (Koh, 2022). Questo approccio insegna che richiedere aiuto o fare una pausa è una strategia accettabile e produttiva, prevenendo il ricorso a reazioni emotive dirompenti (Kokol et al., 2020).

In parallelo, la RE interviene con il modellamento di comportamenti sociali e di calma. Sfruttando la forte motivazione sociale di molti bambini con DI, il robot funge da modello prevedibile (Valentini & Raffaghelli, 2024). Ad esempio, per aiutare a gestire l'agitazione, un robot può avviare una breve sequenza di respirazione diaframmatica (simulando "gonfia e sgonfia" il torace) ogni volta che l'alunno mostra segni di disagio (Davis & Wilson-Kennedy, 2023). Questo offre un promemoria visivo e uditivo coerente per un comportamento di calma, privo della complessità emotiva o del giudizio che talvolta accompagnano l'intervento umano (Lopes et al., 2003). L'interazione con il robot rafforza inoltre le competenze comunicative di base, creando un ambiente strutturato dove anche la semplice richiesta di aiuto verbale viene immediatamente accolta e rinforzata (Conti et al., 2021).

La ripetitività positiva e la chiarezza degli stimoli visivi permettono di ridurre l'ambiguità delle situazioni sociali, spesso causa di stress (Kucewicz et al., 2023). Inoltre, i robot educativi possono agire come mediatori interattivi, modellando comportamenti regolati attraverso scenari guidati, sequenze emotive o giochi strutturati (Lesort et al., 2020). Grazie alla prevedibilità dell'interazione robotica, il bambino può esercitare abilità di

autocontrollo e gestione delle emozioni in un contesto sicuro e standardizzato (Van Kleef & Côté, 2022).

Questi strumenti non solo riducono la probabilità di escalation comportamentali, ma alleggeriscono anche il carico di supervisione continua da parte degli adulti, restituendo maggiore autonomia al bambino e respiro ai caregiver (Stasolla & Di Gioia, 2023). In contesti educativi o domiciliari, l'uso regolare di tali tecnologie può contribuire alla costruzione di ambienti più sereni, prevedibili e inclusivi, nei quali le difficoltà comportamentali vengano affrontate in modo proattivo e non punitivo (Sethi & Jain, 2024).

Nei DSA, le difficoltà di regolazione sono in genere secondarie, ma non meno significative (Espinassé et al., 2025). Gli insuccessi scolastici ripetuti possono alimentare ansia, evitamento o strategie di coping disfunzionali. Un bambino con dislessia, ad esempio, può sperimentare forte stress prima di leggere ad alta voce, reagendo con rifiuto, somatizzazioni o comportamenti oppositivi (Laskay-Horváth et al., 2025). Queste difficoltà derivano non solo da deficit cognitivi, ma anche dagli effetti cumulativi di feedback negativi e bassa autoefficacia. Con il tempo, possono contribuire allo sviluppo di disturbi internalizzanti come ansia e depressione.

In questo scenario, i SG e la RE agiscono offrendo un'alternativa all'ambiente scolastico tradizionale percepito come minaccioso: i SG offrono contesti protetti in cui esercitare l'abilità deficitaria (come la lettura o il calcolo) in modalità ludica e a bassa pressione, riducendo l'ansia da prestazione e rinforzando la perseveranza (Tang et al., 2019). A tal proposito, invece di leggere un brano in classe, l'alunno può interagire con un SG di lettura gamificata in cui ogni parola letta correttamente alimenta un avatar o sblocca un livello (Kokol et al., 2020). L'errore non è associato al giudizio dell'insegnante o dei pari, ma semplicemente a una perdita di punti reversibile, incoraggiando così l'alunno con DSA a perseverare e a considerare l'errore come parte del gioco, aumentando gradualmente l'autoefficacia nel dominio specifico (Ouyang & Xu, 2024). In parallelo, la RE, soprattutto se integrata in compiti collaborativi, può promuovere la

resilienza creando ambienti strutturati e prevedibili che attenuano l'impatto emotivo dell'errore (Lesort et al., 2020). Si pensi a un compito di gruppo in cui gli alunni, inclusi quelli con DSA, devono programmare insieme un robot per risolvere un puzzle logico (Ponticorvo et al., 2020). L'errore nel codice o nella sequenza di calcolo, che altrimenti innescherebbe la frustrazione nel bambino con discalculia, viene immediatamente oggettivato nel comportamento del robot. In questo contesto, l'errore non è una colpa personale, ma un fallimento del programma, e il robot funge da capro espiatorio neutro e prevedibile (Ponticorvo et al., 2020). Il gruppo è costretto a collaborare per "aggiustare" il programma, e l'alunno con DSA può contribuire con le proprie strategie, attenuando l'impatto emotivo negativo e imparando l'importanza della resilienza collaborativa (Uslu et al., 2023).

In tutti i NDD, le FE svolgono un ruolo cruciale nella regolazione (Sadozai et al., 2024). Inibizione, memoria di lavoro e flessibilità cognitiva—già compromesse in molti alunni—sono essenziali per limitare reazioni impulsive, modificare strategie di fronte alla frustrazione e mantenere un comportamento orientato all'obiettivo in condizioni di stress (Hope et al., 2023). Le carenze in questi domini amplificano la disregolazione, sottolineando la necessità di interventi che integrino il potenziamento dei processi esecutivi con la promozione del controllo emotivo (Di Lieto et al., 2020).

La presenza di difficoltà nella regolazione emotiva e comportamentale pone sfide significative al contesto scolastico (Stasolla et al., 2025). Gli studenti che faticano a gestire emozioni e comportamenti possono incorrere in episodi di esclusione, attraverso provvedimenti disciplinari, allontanamenti temporanei o isolamento sociale da parte dei pari (Beenstock et al., 2021). Tali dinamiche compromettono non solo il loro percorso formativo, ma anche le possibilità di inclusione e partecipazione attiva alla vita scolastica (Morningstar et al., 2015).

I SG funzionano come un "laboratorio di autoregolazione" a basso rischio, creando un ambiente strutturato e prevedibile essenziale per gli

studenti con difficoltà di regolazione (Derks et al., 2024). L'obiettivo è praticare l'autocontrollo e la modulazione emotiva in un contesto digitale che neutralizza le conseguenze sociali negative e limita la probabilità di episodi che porterebbero a sanzioni disciplinari (Daud et al., 2023).

Un esempio significativo dell'applicazione dei SG nel potenziamento dell'autoregolazione è rappresentato da uno studio (Crepaldi et al., 2020b). Gli autori hanno sviluppato un ambiente ludico interattivo progettato per allenare l'impulsività, una delle cause più frequenti di interruzioni e comportamenti inadeguati in classe. Nel gioco, il bambino è chiamato a completare un'azione cruciale — come premere un pulsante virtuale — soltanto dopo un preciso segnale visivo o uditivo, esercitando così il controllo inibitorio e la capacità di attendere (Zelazo, 2020). Quando l'azione viene compiuta in modo impulsivo, il SG fornisce un feedback immediato ma neutro, ad esempio la perdita di punti o la temporanea scomparsa di un oggetto. Questa conseguenza logica, priva di giudizio o rimprovero, sostituisce la tradizionale reazione disciplinare, permettendo al bambino di comprendere l'errore senza sperimentare frustrazione o svalutazione personale (Eichenberg & Schott, 2017). Attraverso la ripetizione costante di questa dinamica, i partecipanti apprendono a dilazionare la gratificazione, a rispettare i turni e a regolare il proprio comportamento in modo più adattivo. Nel tempo, tali competenze si traducono in una riduzione dei comportamenti disregolati in ambito scolastico e in una maggiore autonomia nella gestione delle emozioni (Crepaldi et al., 2020b).

La RE interviene fornendo un partner di interazione prevedibile e non giudicante, fattore cruciale per gli studenti che temono il rifiuto o la complessità imprevedibile delle interazioni tra pari (Musicco et al., 2024). Questo è fondamentale per prevenire l'isolamento sociale e favorire la partecipazione attiva.

Un esempio pratico è l'impiego di un robot umanoide per attività di role-playing finalizzate alla risoluzione dei conflitti e allo sviluppo dell'assertività (Conti et al., 2021). Il robot può essere programmato per simulare situazioni

sociali complesse, come quando un compagno prende un oggetto senza permesso o manifesta segni di frustrazione (Conti et al., 2021). Durante l'interazione, lo studente viene guidato a rispondere verbalmente utilizzando un linguaggio emotivamente regolato, ad esempio attraverso la formula "Io mi sento [emozione] perché [motivo]". Quando lo studente risponde in modo calmo e assertivo, il robot reagisce positivamente, rinforzando la risposta adeguata; se invece manifesta aggressività o disregolazione, il robot si interrompe e ripropone lo script senza mostrare frustrazione o giudizio (Azizi et al., 2022). Questo addestramento con un partner costante e prevedibile consente allo studente di interiorizzare uno schema comportamentale efficace e generalizzabile per la gestione delle sfide interpersonali (Sechi et al., 2020). In tal modo, l'interazione positiva con i coetanei viene favorita e il rischio di esclusione si trasforma in un'opportunità di crescita relazionale e competenza sociale.

Sul versante degli insegnanti, la gestione di crisi comportamentali ricorrenti da parte degli alunni può comportare un dispendio di energie e tempo, con il rischio di ridurre le opportunità didattiche per l'intero gruppo classe (Graham & Phelps, 2003). Per far fronte a queste criticità, diverse scuole adottano approcci sistematici basati su curricula di apprendimento socio-emotivo, programmi di supporto comportamentale positivo (PBIS) o pratiche di mindfulness, tutti orientati a promuovere autoregolazione e benessere (Landry, 2019).

L'integrazione di SG e RE può ampliare e rafforzare tali strategie (Riedmann et al., 2024). I SG che implicano attenzione sostenuta, problem solving collaborativo o rispetto dei turni offrono ambienti controllati e motivanti in cui esercitare abilità di regolazione in modo graduale e protetto (Panceri et al., 2021). I robot sociali, programmati per fornire feedback costante e modellare comportamenti funzionali, si configurano come partner di apprendimento pazienti, prevedibili e non giudicanti, particolarmente efficaci per alunni che vivono con difficoltà le relazioni interpersonali o le critiche da parte degli adulti (Riedmann et al., 2024).

In quest'ottica, le tecnologie educative non sostituiscono il ruolo degli insegnanti, ma offrono strumenti aggiuntivi e complementari per creare ambienti inclusivi, prevedibili e regolativi, capaci di sostenere lo sviluppo emotivo e comportamentale anche nei casi più complessi (Todino, 2025).

Per supportare l'implementazione di programmi come il Positive Behavioral Interventions and Supports (PBIS) e prevenire che le crisi comportamentali minino le opportunità didattiche del gruppo classe, è possibile impiegare un SG collaborativo (Hanghøj et al., 2018). In tale ambiente, piccoli gruppi di studenti — con e senza NDD — cooperano per costruire strutture virtuali complesse entro vincoli temporali. Ogni partecipante ricopre un ruolo specifico, e il progresso del gruppo è vincolato al rispetto dei turni e delle regole comunicative (Hanghøj et al., 2018). Uno studio coerente con questo approccio è il progetto CoD1NC (Ponticorvo et al., 2022), che ha utilizzato attività di codifica e robotica collaborative per promuovere l'inclusione e rafforzare le relazioni sociali in contesti scolastici.

Il gioco può essere programmato per gestire feedback automatici in caso di violazioni — come blocchi temporanei o pause neutre — così da modulare la disregolazione sul nascere, alleggerendo il carico sull'insegnante e permettendo alla classe di proseguire con minor interruzione (Ponticorvo et al., 2022).

In modo simile, la RE può intervenire in compiti di gruppo come regolatore di attenzione e calma: un robot posto in aula può segnalare distrazioni con luci o messaggi calmi, richiamando le regole condivise (Ouyang & Xu, 2024). Come dimostrato un robot sociale può contribuire a migliorare la partecipazione e la regolazione emotiva in studenti con NDD (Conti et al., 2021). Questo tipo di modellamento prevedibile e privo di carica emotiva può aiutare gli studenti con NDD a ritornare all'attenzione e tollerare la frustrazione, riducendo l'impatto delle dinamiche di crisi sulle attività didattiche.

Analogamente, la RE può essere integrata in compiti di gruppo per fungere da “regolatore di attenzione e calma” (Konijn et al., 2022). Un robot

posto sul tavolo, ad esempio, può essere programmato per intervenire in modo non verbale quando si verificano distrazioni, rumori eccessivi o sovrapposizioni di voci. In questi casi, il robot non emette una critica, ma attiva un segnale luminoso rassicurante e ripete con voce calma la regola condivisa, come “Ricorda: si parla uno alla volta” (Konijn et al., 2022). Questo modellamento funzionale e prevedibile, privo di carica emotiva, aiuta l'alunno con disturbo del neurosviluppo a riorientare l'attenzione e a tollerare la frustrazione. Come dimostrato da uno studio (Conti et al., 2021), l'impiego di robot sociali in classe può ridurre i comportamenti disregolati e migliorare la partecipazione collaborativa degli studenti con bisogni educativi speciali.

La dimensione familiare è altrettanto cruciale. I genitori di bambini con NDD riportano frequentemente livelli elevati di stress legati alla gestione della disregolazione, in particolare in presenza di aggressività o episodi in contesti pubblici (Carlier et al., 2020). Tale stress può condurre al burnout dei caregiver, a una riduzione della partecipazione sociale e a tensioni nelle relazioni familiari (Stasolla et al., 2024). Interventi che integrano la formazione dei genitori e offrono strumenti per esercitare la regolazione a casa—come SG progettati per il coinvolgimento genitore-bambino o robot che facilitano routine condivise—possono ridurre il carico familiare e migliorare la qualità della vita (Khan et al., 2024).

Un esempio che integra entrambe le strategie per il contesto domestico riguarda la gestione della disregolazione in ambienti pubblici. Il genitore e il bambino possono partecipare a un SG di role-playing virtuale a casa, in cui il bambino deve aiutare un avatar a gestire una situazione stressante, come l'attesa prolungata alla cassa del supermercato (Alrehaili & Al Osman, 2022).

Durante l'attività, il genitore osserva e co-regola il comportamento del figlio in un contesto controllato, favorendo la riflessione condivisa sulle emozioni. Al termine della sessione di SG, la RE può intervenire con un piccolo robot fisico che riassume e rinforza le strategie apprese, ad esempio ripetendo con voce calma: “Abbiamo imparato a chiedere una pausa in silenzio prima di

arrabbiarci” (Magar et al., 2025). Questa combinazione di SG e RE offre ai genitori uno strumento oggettivo e non conflittuale per esercitare le strategie di coping in un ambiente sicuro e riduce l’ansia e lo stress genitoriale legati al rischio di crisi fuori casa (Khan et al., 2024).

In definitiva, la regolazione emotiva e comportamentale costituisce una sfida trasversale che incide su quasi tutte le dimensioni del funzionamento dei bambini con NDD (Espenes et al., 2024). L’adozione di SG e RE, se integrata in una cornice educativa consapevole e supportiva, rappresenta una concreta opportunità per trasformare la regolazione emotiva da fattore di rischio a leva di empowerment nei bambini con NDD (Di Lieto et al., 2020; Eichenberg & Schott, 2017).

2.4 Deficit Cognitivi e Socio-Emotivi nei Disturbi del Neurosviluppo: Interazioni e Strategie Educative Integrate

L'interazione tra deficit cognitivi e difficoltà socio-emotive rappresenta uno degli aspetti più complessi e critici dei NDD (Banker et al., 2021). Se da un lato le compromissioni cognitive vengono spesso definite in termini di funzionamento esecutivo, attenzione, memoria o linguaggio, dall'altro il loro impatto va ben oltre la performance scolastica, influenzando in profondità il modo in cui i bambini percepiscono, interpretano e rispondono agli ambienti sociali (Du Plooy et al., 2024). Questa relazione bidirezionale non solo amplifica le difficoltà già presenti nei quadri di ASD, ADHD, DI e DSA, ma genera anche barriere all'inclusione, all'accettazione da parte dei pari e al benessere familiare (Sadozai et al., 2024).

Nell'ASD, deficit cognitivi come le compromissioni della teoria della mente, delle FE e della coerenza centrale influiscono direttamente sul funzionamento socio-emotivo (Hope et al., 2023). La limitata capacità di inferire pensieri o intenzioni altrui porta spesso a incomprensioni nelle interazioni con i pari, con conseguente isolamento o rifiuto (Beenstock et al., 2021). Analogamente, le difficoltà di flessibilità cognitiva ostacolano la gestione dei conflitti, l'adattamento nelle conversazioni e l'affrontare cambiamenti nelle routine sociali. Queste limitazioni si traducono frequentemente in ansia, ritiro o comportamenti ripetitivi che fungono da meccanismi compensatori, generando un circolo vizioso in cui i deficit cognitivi compromettono le competenze socio-emotive, riducendo ulteriormente le opportunità di apprendimento in contesti sociali reali (Banker et al., 2021).

I SG e la RE intervengono direttamente sulle difficoltà riscontrate nei NDD, agendo come potenti strumenti per l'allenamento delle FE, come flessibilità cognitiva, inibizione e memoria di lavoro, in modalità più ingaggianti e meno frustranti rispetto all'apprendimento tradizionale (Sadozai et al., 2024). Questo approccio è cruciale per ridurre l'ansia e il rischio di fallimento: entrambi gli strumenti creano contesti di esercizio sicuri e prevedibili, in cui gli alunni — in particolare quelli con ASD o DSA,

inclinati al ritiro sociale — possono sperimentare e commettere errori senza il timore del giudizio da parte dei pari (Fitzpatrick et al., 2017). Ad esempio, il robot educativo fornisce un feedback costante e non giudicante, facilitando la regolazione emotiva e offrendo uno spazio di apprendimento protetto (Conti et al., 2021).

Lo sviluppo della flessibilità cognitiva e del problem solving viene incentivato attraverso SG che promuovono la cooperazione o l'assunzione di prospettiva (Chevalier et al., 2020). Un bambino con rigidità mentale (ASD) o difficoltà di adattamento (ADHD) può così esercitarsi a cambiare prospettiva o a gestire i conflitti in un ambiente simulato, come dimostrato da interventi cooperativi strutturati su piattaforme ludiche digitali (Hanghøj et al., 2018).

L'uso stesso di SG e RE implica frequentemente il rispetto dei turni o la necessità di inibire risposte impulsive, abilità fondamentali per la regolazione delle interazioni sociali in bambini con ADHD o altri disturbi del comportamento (Panceri et al., 2021).

Queste tecnologie fungono anche da ponte per la mediazione socio-emotiva e comunicativa, collegando il funzionamento cognitivo interno alle complesse dinamiche sociali esterne (Sethi & Jain, 2024). I robot possono essere programmati per modellare segnali sociali o per facilitare l'avvio e il mantenimento di una conversazione (Ponticorvo et al., 2020). Per un alunno con ASD, che può avere difficoltà a inferire pensieri o intenzioni altrui, il robot offre un partner di interazione dalle regole chiare e prevedibili, costituendo una tappa fondamentale prima dell'interazione reale con i coetanei (Di Lieto et al., 2020).

I SG focalizzati sulla cooperazione o sulla gestione emotiva permettono ai bambini di esercitare simultaneamente competenze cognitive e sociali, contribuendo a migliorare le abilità relazionali (Carter et al., 2014). L'intervento si estende anche al contesto familiare: i giochi condivisi tra genitore e figlio o le routine mediate da robot consentono ai caregiver di supportare le abilità accademiche, gestire crisi emotive o conflitti sociali

attraverso strumenti esterni e neutri, riducendo così lo stress familiare e migliorando la qualità della vita (Abín et al., 2024).

SG e RE incarnano dunque la necessità di interventi integrati: non si limitano a insegnare contenuti, ma sostengono l'interazione dinamica tra cognizione, emozione e funzionamento sociale, offrendo soluzioni scalabili ed ecologicamente valide per promuovere l'inclusione nei bambini con NDD (Stasolla et al., 2025).

Nell'ADHD, i deficit di controllo inibitorio e memoria di lavoro ostacolano la regolazione delle interazioni sociali (Ceruti et al., 2024). I bambini con ADHD tendono a interrompere i coetanei, dimenticare le regole sociali o interpretare in modo errato i segnali contestuali a causa di cali attentivi (Ayano et al., 2023). Questi comportamenti portano a conflitti frequenti, rifiuto da parte dei pari e feedback negativi da insegnanti e caregiver. Con il tempo, i fallimenti sociali ripetuti contribuiscono a ridotta autostima, disregolazione emotiva e maggiore rischio di disturbi internalizzanti come ansia o depressione (Fitzpatrick et al., 2017). In questo senso, il profilo cognitivo dell'ADHD, in particolare le debolezze in attenzione e inibizione, produce effetti a cascata sullo sviluppo socio-emotivo (Liu et al., 2024).

Nei bambini con DI, le limitazioni cognitive globali riducono la capacità di elaborare informazioni sociali in modo efficiente (Selau et al., 2020). Deficit nella comprensione linguistica, nel ragionamento astratto e nel problem solving limitano la possibilità di comunicazioni reciproche, di gestione costruttiva dei conflitti e di partecipazione a dinamiche di gruppo (Jangmo et al., 2019). Ciò si traduce in interazioni più concrete e semplificate, che possono non essere pienamente accettate dai pari. La frustrazione derivante da incomprensioni ripetute contribuisce a comportamenti esternalizzanti (es. aggressività) o internalizzanti (es. ritiro) (Collie et al., 2019). Inoltre, la discrepanza tra abilità cognitive e aspettative sociali accentua lo stigma, riducendo ulteriormente le opportunità di inclusione e incrementando lo stress dei caregiver (Kanniappan et al., 2024).

Nei DSA, il legame tra deficit cognitivi e funzionamento socio-emotivo è più sottile, ma non meno rilevante (Camia et al., 2025). Le difficoltà scolastiche persistenti minano l'autoconcetto, portando i bambini a percepirsi come meno competenti rispetto ai coetanei. Deficit di memoria di lavoro o velocità di elaborazione, sebbene primariamente accademici, si riflettono anche nella quotidianità: difficoltà nel seguire istruzioni complesse, nel lavorare in gruppo o nel rispettare impegni sociali (Borland et al., 2022). Queste esperienze aumentano la vulnerabilità ad ansia, frustrazione e comportamenti di evitamento, soprattutto in contesti scolastici basati sul confronto con i pari (Camia et al., 2025). Col tempo, le difficoltà accademiche e le risposte emotive negative si rinforzano reciprocamente, alimentando un ciclo di disimpegno e calo motivazionale.

Abilità come pianificazione, monitoraggio e flessibilità cognitiva sono fondamentali non solo per il successo accademico, ma anche per la gestione delle interazioni sociali (Stasolla et al., 2025). Un bambino che fatica a inibire risposte inappropriate o a cambiare prospettiva durante un conflitto rischia di sperimentare sia insuccessi scolastici sia rifiuto sociale (Fabbri, 2007). Analogamente, deficit di memoria di lavoro compromettono la capacità di mantenere la coerenza in una conversazione o di adattarsi a dinamiche di gruppo mutevoli. In tal senso, la disfunzione esecutiva agisce come "ponte" tra deficit cognitivi e difficoltà socio-emotive, amplificando le problematiche nei diversi domini (Dajani et al., 2016).

Per intervenire su queste carenze trasversali, i SG e la RE rappresentano strumenti elettivi, capaci di agire direttamente sul potenziamento delle FE in contesti motivanti e strutturati (Liu et al., 2024). I SG focalizzati sull'inibizione della risposta e sulla memoria di lavoro permettono di esercitare queste abilità attraverso la gamification e un sistema di feedback immediato, trasformando compiti potenzialmente ripetitivi o frustranti in esperienze coinvolgenti e accessibili (Riedmann et al., 2024). In particolare, per studenti con ADHD o marcata impulsività, è possibile utilizzare SG che richiedono di rispondere solo a determinati stimoli visivi o uditivi e di inibire la risposta a stimoli distrattori (Rivella et al., 2024). L'esecuzione

corretta viene rinforzata con segnali positivi, incentivando l'allenamento ripetuto e l'autoregolazione (Daud et al., 2023).

Uno studio (Pentz et al., 2019) ha dimostrato che l'utilizzo sistematico di SG su dispositivi touch screen, progettati per il training delle FE, può produrre miglioramenti significativi nelle performance di bambini con NDD. Nello studio (Stasolla et al., 2025) si evidenzia che il contesto digitale e ludico agevola l'apprendimento, riducendo la frustrazione e favorendo la concentrazione.

Secondo uno studio (Di Lieto et al., 2020), la prevedibilità e la neutralità del robot riducono il carico emotivo legato all'errore, permettendo agli alunni con NDD di affrontare le sfide con maggiore serenità e di sviluppare competenze di adattamento utili anche nei contesti sociali.

Un altro studio (Lesort et al., 2020) conferma che il debugging robotico orienta l'attenzione degli studenti sul problema tecnico piuttosto che sull'errore personale, contribuendo a rafforzare la resilienza cognitiva e il senso di autoefficacia nei bambini con difficoltà di autoregolazione.

Pertanto, mentre i SG offrono ambienti ideali per l'allenamento ripetuto e stimolante delle FE di base, come l'inibizione e la memoria di lavoro (De Vries et al., 2015), la RE consente di consolidare queste abilità in scenari complessi e collaborativi, rafforzando al contempo le competenze socio-emotive e la capacità di adattarsi in modo flessibile ai cambiamenti (Baker et al., 2025).

Gli insegnanti che lavorano con alunni con NDD affrontano la complessa sfida di sostenere contemporaneamente lo sviluppo accademico e socio-emotivo, spesso in contesti educativi orientati alla cooperazione e all'apprendimento tra pari (Kanniappan et al., 2024). Per rispondere a questa duplice esigenza, è sempre più diffusa l'adozione di sistemi multilivello di supporto, piani educativi personalizzati e curricula integrati che uniscono contenuti didattici e obiettivi relazionali (Carter et al., 2014). In tale cornice, SG e RE offrono strumenti concreti e adattabili, capaci di proporre esperienze di apprendimento che allenano abilità cognitive e

sociali in modo simultaneo (Anwar et al., 2019; García-Redondo et al., 2019).

Giochi che richiedono il rispetto dei turni, la risoluzione condivisa di problemi o l'assunzione di prospettiva possono rinforzare il coinvolgimento e il senso di autoefficacia. Ad esempio, studi empirici (García-Redondo et al., 2019) hanno dimostrato l'efficacia di specifici SG collaborativi nel migliorare le abilità di turn-taking e la comunicazione cooperativa in gruppi misti di bambini con e senza NDD, dove il successo nel gioco dipendeva esclusivamente dall'applicazione di regole sociali chiare, rinforzando così l'apprendimento delle regole sociali attraverso la gamification.

In parallelo, i robot educativi, programmati per offrire feedback costante o per modellare comportamenti pro-sociali, diventano facilitatori di interazioni significative, riducendo il rischio di esclusione o fallimento (Pivetti et al., 2020). Sul versante della RE, i risultati di Pivetti et al. (Pivetti et al., 2020) in un contesto di terapia di gruppo hanno evidenziato come l'utilizzo di un robot, programmato per fornire rinforzi sociali predittivi e modellare comportamenti di richiesta di aiuto o di conforto emotivo, abbia aumentato significativamente la frequenza delle interazioni sociali spontanee e ridotto il freezing sociale negli alunni con ASD (Lin & Chang, 2025). In questo modo, la tecnologia non solo supporta l'apprendimento, ma funge da mediatore relazionale in contesti inclusivi (Riedmann et al., 2024).

2.5 Implicazioni Educative Trasversali e Bisogni Emergenti nei NDD

L'analisi dei profili cognitivi, socio-emotivi e comportamentali associati a diversi NDD – tra cui ASD, ADHD, DI e DSA – evidenzia una pluralità di bisogni educativi speciali che si manifestano in modo trasversale, seppur con intensità e modalità differenti (Stasolla & Di Gioia, 2023). Gli studenti con NDD incontrano frequentemente ostacoli nella pianificazione, nell'inibizione, nella flessibilità cognitiva e nella regolazione emotiva, che si ripercuotono sulla loro capacità di affrontare compiti complessi, lavorare in gruppo, mantenere l'attenzione e autoregolare il comportamento in ambienti scolastici convenzionali (Fabbri, 2007; Zelazo, 2020).

Uno dei nodi critici è rappresentato dalla difficoltà di generalizzazione delle competenze apprese, che spesso restano circoscritte al contesto educativo formale e non si trasferiscono in situazioni di vita quotidiana (Krämer et al., 2021). Questa limitazione compromette la possibilità di acquisire autonomia, partecipare in modo attivo alla vita sociale e costruire un'identità scolastica positiva (Ter Harmsel-Nieuwenhuis et al., 2025). Inoltre, la presenza simultanea di deficit cognitivi e vulnerabilità emotivo-comportamentali può generare un circolo vizioso di fallimenti, demotivazione e ritiro, riducendo ulteriormente l'efficacia degli interventi didattici tradizionali (Banker et al., 2021; Liu, Liang, et al., 2024).

Dal punto di vista dell'insegnante, ciò comporta la necessità di elaborare percorsi didattici altamente individualizzati, che integrino strategie di supporto cognitivo, strumenti per la regolazione emotiva e mediazioni visive o esperienziali (Graham & Phelps, 2003). Tuttavia, l'elevata eterogeneità all'interno delle classi, unita ai limiti di tempo e risorse, rende complessa la realizzazione sistematica di tali adattamenti (Salgarayeva et al., 2021).

In questo scenario, emergono alcune priorità educative comuni ai diversi profili NDD:

- promuovere l'engagement attivo attraverso modalità di apprendimento motivate e interattive (Yue, 2024);

- garantire accessibilità didattica tramite canali multisensoriali, linguaggi alternativi e mediatori cognitivi (Musicco et al., 2024);
- facilitare la regolazione comportamentale e l'autoefficacia attraverso attività prevedibili e strutturate (Daud et al., 2023);
- sostenere l'inclusione sociale attraverso esperienze collaborative, esercizi di perspective-taking e simulazioni contestuali (Konijn et al., 2022);
- favorire la trasferibilità delle competenze dal setting scolastico a contesti autentici e quotidiani (Zhu et al., 2013).

Queste esigenze educative delineano una cornice d'intervento che richiede strumenti flessibili, adattivi e scientificamente validati, in grado di coniugare personalizzazione, concretezza e accessibilità (Pontikas et al., 2022). In particolare, la necessità di agire simultaneamente su aspetti cognitivi, emotivi, relazionali e motivazionali rende indispensabile l'adozione di approcci integrati e transdisciplinari, capaci di superare la frammentazione tra interventi didattici, terapeutici e socio-educativi (Graham & Phelps, 2003).

Le tecnologie educative, con particolare riferimento ai SG e alla RE, rappresentano una risposta promettente e concreta a queste sfide (Stasolla et al., 2025). La capacità di questi strumenti di attivare il funzionamento esecutivo – come inibizione, pianificazione, memoria di lavoro e flessibilità cognitiva – consente non solo di migliorare l'apprendimento accademico, ma anche di facilitare la regolazione emotiva e le dinamiche interpersonali in classe (Sadozai et al., 2024). In particolare, i SG che propongono scenari a scelta multipla, narrazioni interattive o compiti di problem solving favoriscono l'anticipazione delle conseguenze e la presa di decisioni consapevoli (Eichenberg & Schott, 2017). Allo stesso modo, la RE può promuovere il rispetto dei turni, la collaborazione e il controllo dell'impulsività attraverso interazioni programmate e prevedibili (Uslu et al., 2023).

Il Capitolo 3 approfondirà queste tecnologie, esaminando evidenze empiriche, applicazioni pratiche e potenzialità inclusive, con l'obiettivo di

delineare un modello educativo in grado di valorizzare le risorse degli studenti e costruire percorsi di apprendimento autentici, sostenibili e inclusivi.

Capitolo 3 – I SG e la RE nella Didattica Speciale

3.1 Panoramica delle Tecnologie Assistive ed Educative

L'integrazione delle tecnologie in ambito educativo ha profondamente trasformato le possibilità di supporto agli studenti con NDD (Sadozai et al., 2024). Le tecnologie assistive ed educative comprendono un'ampia gamma di strumenti, che spaziano da dispositivi relativamente semplici, come tastiere adattate o agende visive, fino a piattaforme più sofisticate quali software di sintesi vocale, sistemi di CAA, realtà virtuale (VR), SG e RE (Almurashi et al., 2022; Alrehaili & Al Osman, 2022). Queste tecnologie non si limitano a compensare funzioni compromesse, ma aprono nuove modalità di accesso ai contenuti e di partecipazione attiva, favorendo percorsi personalizzati che tengono conto dei diversi profili funzionali degli studenti (Todino, 2025). L'obiettivo principale di tali strumenti è compensare le limitazioni funzionali, aumentare l'accessibilità e promuovere l'autonomia, favorendo al contempo l'inclusione negli ambienti scolastici ordinari (Van Der Meer et al., 2011).

All'interno di questo panorama, i SG e la RE occupano una posizione peculiare. A differenza degli strumenti puramente compensativi, che mirano prevalentemente ad aggirare i deficit, SG e robotica sono progettati per potenziare attivamente i processi di apprendimento, il funzionamento socio-emotivo e la motivazione (Panceri et al., 2021). Questa differenza è cruciale perché trasforma l'esperienza didattica da "adattamento passivo" a "coinvolgimento attivo" dello studente, stimolando l'esercizio delle abilità cognitive e sociali in contesti controllati ma realistici (Musicco et al., 2024). Si tratta dunque di strumenti che spostano l'intervento da un modello deficit-based a un approccio basato sui punti di forza, facendo leva sul naturale interesse dei bambini per il gioco, l'interazione e la risoluzione di problemi (Backenson et al., 2015). Questa prospettiva è particolarmente rilevante per studenti con ASD, ADHD, DI e DSA, i quali spesso presentano profili cognitivi e motivazionali che rendono meno efficace la didattica tradizionale (Almurashi et al., 2022; Wang et al., 2025; Wyatt et al., 2024). Per esempio, i bambini con DSA possono incontrare difficoltà

nell'interpretazione implicita degli indizi sociali (Draper, 2022), quelli con ADHD faticano a mantenere l'attenzione (Rau et al., 2020), mentre gli studenti con DI necessitano di esperienze concrete e fortemente strutturate (Schalock et al., 2010). SG e robotica rispondono a tali bisogni offrendo modalità di apprendimento interattive, adattive ed incarnate (Stasolla et al., 2025).

La letteratura mostra in maniera crescente la versatilità di questi strumenti. Gli SG sono stati applicati per supportare il controllo inibitorio nell'ADHD (Crepaldi et al., 2020a), le abilità di alfabetizzazione e numeracy nella DI (Cano et al., 2019) e la comprensione socio-emotiva nei bambini con DSA (Ke & Moon, 2018). La robotica, a sua volta, ha dimostrato efficacia nel promuovere l'imitazione, l'attenzione congiunta e la motivazione in bambini con DSA (Conti et al., 2021; Desideri et al., 2018). Queste applicazioni mostrano come SG e RE non siano strumenti "a compartimenti stagni", ma piattaforme flessibili che possono essere integrate in curricula diversi, dal potenziamento delle abilità matematiche all'apprendimento socio-emotivo. Di particolare rilievo sono i recenti approcci ibridi che integrano SG e robotica, mettendone in evidenza il valore sinergico. Nel lavoro (Stasolla et al., 2025) è emerso che gli interventi ibridi possono migliorare abilità aritmetiche, FE e coinvolgimento socio-emotivo, riducendo al contempo il carico dei caregiver. Questi risultati suggeriscono che l'integrazione risulta spesso più efficace dell'applicazione isolata delle singole tecnologie.

Un esempio concreto di questo approccio è rappresentato dal pilot study (Stasolla et al., 2025) che ha mostrato come l'uso congiunto di SG e RE possa migliorare le abilità matematiche, la motivazione e l'autoefficacia nei bambini con discalculia, dimostrando che le tecnologie possono essere progettate non solo per compensare le difficoltà, ma per potenziare attivamente funzioni cognitive specifiche e fornire modelli operativi trasferibili ad altri disturbi dell'apprendimento.

Un ulteriore punto di forza di questi strumenti è la loro adattabilità. Gli SG consentono di personalizzare l'esperienza didattica modulando

difficoltà, ritmo e feedback in base alla prestazione dello studente, mantenendo l'apprendimento all'interno della "zona di sviluppo prossimale" (Hung et al., 2014). Questo significa che lo studente riceve sfide calibrate, né troppo facili né troppo difficili, aumentando l'engagement e la probabilità di successo. La robotica aggiunge una dimensione tangibile e incarnata: robot umanoidi possono modellare interazioni sociali o guidare strategie di problem solving passo dopo passo, mentre kit programmabili permettono agli studenti di esternalizzare ragionamenti astratti attraverso costruzione e coding. Contributi più recenti (Stasolla et al., 2023; Stasolla et al., 2025) propongono la robotica come parte di sistemi adattivi basati sull'IA, capaci di modulare dinamicamente l'intervento in tempo reale e di fornire feedback personalizzati sulla base dei progressi individuali.

Queste caratteristiche aumentano anche la validità ecologica, colmando il divario tra contesti terapeutici e ambienti quotidiani. A differenza degli interventi cartacei decontestualizzati, SG e robotica offrono esperienze immersive che riproducono le richieste del mondo reale. Un SG che simula il trasporto pubblico può aiutare gli studenti a esercitarsi nell'autonomia di spostamento (Shen et al., 2018), mentre un robot sociale può facilitare il turn-taking in conversazioni che successivamente si generalizzano alle interazioni con i coetanei (López-Sastre et al., 2021). Questo ruolo di "ponte" è cruciale per gli studenti con NDD, i quali spesso incontrano difficoltà nella generalizzazione delle competenze tra contesti differenti (Lense et al., 2021). Un recente lavoro (Stasolla et al., 2025) conferma questo punto, mostrando come ecosistemi integrati di SG, ER e Intelligenza Artificiale (IA) possano estendersi oltre i laboratori fino ai contesti educativi e familiari autentici.

È inoltre importante sottolineare che queste tecnologie non si limitano al potenziamento delle competenze accademiche. Diversi studi hanno riportato miglioramenti in motivazione, autoregolazione e qualità della vita (Passaro et al., 2024; Zullo et al., 2024). Ad esempio, la Narrative Review (Passaro et al., 2024) ha evidenziato come le tecnologie avanzate possano fungere sia da strumenti diagnostici che riabilitativi per popolazioni con

gravi compromissioni comunicative. Analogamente, la Narrative Review (Zullo et al., 2024) ha sottolineato che piattaforme di SG e robotica arricchite dall' IA migliorano non solo gli esiti accademici, ma anche la validità ecologica e la sostenibilità degli interventi negli ambienti educativi reali. Nello studio pilota (Stasolla et al., 2025) l'utilizzo combinato di un robot umanoide e di un SG adattivo ha portato a un aumento della motivazione intrinseca e della comunicazione intenzionale in bambini con ASD non verbale. Uno studio (Desideri et al., 2018) ha rilevato un miglioramento nell'autonomia funzionale e nella partecipazione sociale dopo un training con robot programmabili e giochi cooperativi. Uno studio (Garzotto et al., 2017) ha mostrato che i SG sensibili alle emozioni possono facilitare la regolazione emotiva in bambini con ADHD e DI, attraverso narrazioni interattive che favoriscono il riconoscimento e la gestione degli stati affettivi. Infine, uno studio (Cano et al., 2019) ha dimostrato che un SG ambientato in una metropolitana ha migliorato non solo il ragionamento spaziale, ma anche la percezione di autoefficacia e l'autonomia di spostamento in preadolescenti con DI. In questa prospettiva, SG e RE assumono una funzione trasversale, intervenendo su aspetti cognitivi, motivazionali, sociali e familiari con un unico strumento integrato (Stasolla & Di Gioia, 2023).

Le tecnologie assistive ed educative rappresentano un cambiamento di paradigma verso modelli di apprendimento inclusivi, adattivi ed ecologicamente validi (Wang et al., 2022). I SG e la robotica si distinguono per la capacità di coniugare rigore pedagogico, interattività, gioco e adattabilità. L'insieme delle evidenze, sia dalla letteratura più ampia (Alves et al., 2020; Ariza & Pearce, 2022) sia dai contributi recenti (Stasolla et al., 2025; Zullo et al., 2024), mostra come tali strumenti non debbano essere intesi solo come ausili didattici, ma come veri e propri catalizzatori di inclusione ecologica, sostenibile e centrata sulla famiglia. Ad esempio, l'utilizzo di SG con scenari cooperativi ha favorito la partecipazione scolastica di studenti con DSA e ADHD attraverso il lavoro a piccoli gruppi e l'apprendimento tra pari (Gallardo Vergara & Monserrat Gallardo, 2023).

Allo stesso modo, percorsi robotici programmabili hanno facilitato l'acquisizione di autonomie sequenziali nei bambini con DI, migliorando la loro autostima e riducendo la dipendenza dall'adulto (Pennisi et al., 2016). In ambito familiare, l'impiego congiunto di robot sociali e SG ha promosso momenti di gioco condiviso genitore-figlio, rafforzando il legame affettivo e riducendo i livelli di stress segnalati dai caregiver (Lyu et al., 2024). La loro integrazione nei contesti educativi e terapeutici per studenti con NDD offre prospettive concrete per sostenere non solo la performance accademica, ma anche lo sviluppo socio-emotivo, le FE, l'autonomia e il benessere familiare (Pontikas et al., 2022). La capacità di incidere simultaneamente su aspetti cognitivi, emotivi, sociali e motivazionali rappresenta uno degli elementi più innovativi e promettenti dei SG e della RE nella didattica speciale (Wright et al., 2021).

I SG e la RE si configurano non solo come tecnologie di supporto, ma come mediatori didattici capaci di attivare processi di apprendimento più profondi, personalizzati e partecipativi (Stasolla et al., 2025). Il loro impiego consapevole nella didattica speciale permette di superare approcci meramente compensativi, offrendo a ogni studente con NDD l'opportunità di apprendere secondo i propri tempi, stili cognitivi e potenzialità evolutive (Musicco et al., 2024).

3.2 Cosa sono i Serious Games? Definizione e Classificazione

Il concetto di SG si riferisce a giochi digitali o non digitali progettati esplicitamente per finalità che vanno oltre l'intrattenimento, come l'educazione, la formazione, la promozione della salute o il cambiamento sociale (Carneiro et al., 2024). A differenza dei videogiochi commerciali, il cui scopo principale è il divertimento, i SG incorporano obiettivi pedagogici o terapeutici all'interno delle meccaniche di gioco, creando ambienti interattivi in cui gli utenti possono apprendere, esercitarsi o mettere in atto abilità in un contesto ludico (Chen, 2019). Questa duplice finalità—bilanciare il divertimento con la funzionalità—distingue i SG sia dal software educativo tradizionale sia dai giochi ricreativi.

Un punto di forza cruciale dei SG è la capacità di attivare la motivazione intrinseca. Caratteristiche come il feedback immediato, i sistemi di ricompensa, la difficoltà progressiva e le narrazioni immersive favoriscono il coinvolgimento e la perseveranza (Mitsea et al., 2025). Per gli studenti con NDD, che spesso sperimentano frustrazione con l'istruzione convenzionale, i SG offrono contesti strutturati e prevedibili che riducono il carico cognitivo e, al tempo stesso, potenziano motivazione e autoefficacia (Pellas, 2023). Uno studio su Emotiplay (Porayska-Pomsta et al., 2018) ha dimostrato come bambini con ASD migliorino l'espressione e il riconoscimento delle emozioni attraverso giochi narrativi digitali. Tale dimensione motivazionale è stata evidenziata in rassegne recenti (Eichenberg & Schott, 2017; Stasolla et al., 2025), che sottolineano come i SG riducano il disimpegno e promuovano la persistenza in bambini con DSA, ADHD, DI e DSA.

La letteratura propone diverse modalità di classificazione dei SG. Una prima distinzione si basa sulla finalità:

- i SG educativi rinforzano conoscenze curricolari, come nel caso di *Downtown: A Subway Adventure*, progettato per potenziare il ragionamento spaziale e le abilità numeriche in studenti con DI (Cano et al., 2019);

- i SG terapeutici mirano a funzioni cognitive, emotive o motorie, come dimostrato da Crepaldi et al. (Crepaldi et al., 2020a) , che hanno sviluppato un gioco basato sul modello a doppio percorso per migliorare il controllo inibitorio nell'ADHD;
- i SG riabilitativi integrati in sistemi robotici hanno mostrato di favorire abilità aritmetiche e socio-emotive (Stasolla et al., 2025);
- i SG di valutazione, infine, raccolgono dati comportamentali o cognitivi durante il gioco e, integrati con l' IA possono supportare attività di screening precoce (Stasolla & Di Gioia, 2023).

Un'ulteriore classificazione riguarda il formato:

- i giochi video, i più diffusi, fruibili su computer o dispositivi mobili;
- gli exergames, che combinano attività fisica e gioco, come Liberi (Ye et al., 2013);
- i giochi tangibili o da tavolo, spesso ibridati con elementi digitali, particolarmente utili per studenti con DI o DSA poiché favoriscono un apprendimento concreto e pratico (Marco et al., 2013).

Un'altra prospettiva riguarda il paradigma di apprendimento:

- i giochi basati sulla ripetizione (drill-and-practice), ad esempio per ortografia o calcolo (Y. Ma et al., 2007);
- i giochi di problem solving e simulazione, che riproducono scenari reali (gestione del denaro, orientamento nei trasporti), sviluppando competenze funzionali (El-Sattar, 2023);
- i giochi collaborativi, che incoraggiano cooperazione e compiti condivisi, offrendo ai bambini con DSA opportunità sicure per esercitare l'attenzione congiunta e la comunicazione (Ke & Moon, 2018).

Infine, i SG si differenziano per il livello di immersione:

- i giochi non immersivi, basati su desktop o tablet;
- i giochi semi-immersivi, che utilizzano sensori come Kinect o Wii;

- i giochi immersivi in VR o Realtà Aumentata (AR), capaci di ricreare ambienti realistici. Studi recenti hanno dimostrato che tanto la VR immersiva quanto quella non immersiva possono favorire abilità comunicative, purché le richieste cognitive siano calibrate (De Wit & Huurdeman, 2025; Maddalon et al., 2024). Inoltre, approcci che integrano VR con algoritmi di apprendimento per rinforzo (RL) hanno mostrato la possibilità di adattare dinamicamente l'intervento ai bisogni individuali (Stasolla & Di Gioia, 2023).

Per gli studenti con NDD, queste diverse modalità offrono vantaggi distintivi: il feedback prevedibile facilita l'apprendimento basato su regole nei bambini con ASD (Mehdi Rezaee et al., 2025); compiti veloci e stimolanti mantengono l'attenzione nei soggetti con ADHD (Rau et al., 2020); caratteristiche visive e ripetitive supportano l'apprendimento nella DI (Elshani et al., 2020); la pratica ripetuta in un contesto non minaccioso giova agli studenti con DSA (Draper, 2022). Oltre all'ambito accademico, i SG contribuiscono anche allo sviluppo socio-emotivo: ad esempio, la Narrative Review (Zullo et al., 2024) ha evidenziato che SG progettati con funzionalità sensibili alle emozioni possono favorire il riconoscimento emotivo e la regolazione adattiva.

Nonostante i numerosi benefici, permangono alcune criticità. Interfacce troppo complesse possono scoraggiare studenti con DI (Zhang et al., 2021), mentre la sovrastimolazione può risultare difficile da gestire per bambini con DSA. Per garantire accessibilità, è fondamentale rispettare i principi dell'UDL (Buckland Parker, 2012). Inoltre, i SG non dovrebbero sostituire la didattica tradizionale, bensì integrarla come strumenti complementari, allineati con obiettivi individualizzati e mediati costantemente da insegnanti o terapisti (Eichenberg & Schott, 2017).

I SG rappresentano supporti trasformativi in grado di rispondere ai bisogni accademici, cognitivi e socio-emotivi degli studenti con NDD (García-Redondo et al., 2019).

3.3 La RE per l'Apprendimento e la Terapia

La robotica è emersa come una delle innovazioni più promettenti nell'ambito dell'educazione e della terapia per studenti con NDD (Ponticorvo et al., 2020). A differenza di altre tecnologie assistive che prevedono interazioni principalmente attraverso schermi, i robot introducono una dimensione tangibile e incarnata dell'apprendimento (Desideri et al., 2018). La loro presenza fisica, i movimenti, i gesti e il linguaggio creano esperienze multisensoriali che rendono più concreti concetti altrimenti astratti (Huang et al., 2024). La prevedibilità del loro comportamento e la possibilità di fornire ripetizioni costanti li rendono particolarmente adatti ai bambini che necessitano di ambienti strutturati e feedback affidabili (Schadenberg et al., 2021).

In ambito educativo e terapeutico, la robotica si suddivide generalmente in RE e robotica assistiva sociale (Feil-Seifer & Mataric, 2005). La RE utilizza robot programmabili e kit didattici per insegnare concetti scolastici, problem-solving e pensiero computazionale attraverso attività di costruzione, coding e sperimentazione: LEGO Mindstorms (Caputo et al., 2020), Bee-Bot (Di Lieto et al., 2020), o Thymio (Mondada et al., 2017). Queste esperienze permettono agli studenti di esternalizzare i processi di ragionamento, stimolando al contempo creatività, perseveranza e lavoro di squadra (Papadakis, 2020). Ad esempio, la programmazione di percorsi robotici per far muovere un robot da un punto A a un punto B ha aiutato bambini con DI a comprendere sequenze logiche e spaziali, migliorando la loro capacità di pianificare azioni complesse (Di Lieto et al., 2020). In una sperimentazione, l'utilizzo del robot Bee-Bot in attività matematiche ha permesso a studenti con DSA di consolidare concetti di lateralità e orientamento, favorendo il trasferimento delle abilità anche su compiti cartacei (Perez-Vazquez et al., 2022).

Per i bambini con NDD, tali attività favoriscono le FE supportando la pianificazione, la sequenzialità e la correzione dell'errore in contesti concreti e motivanti (Dajani et al., 2016). Un recente studio (Stasolla et al., 2025) ha sottolineato come la RE migliori non solo le competenze

computazionali, ma anche quelle socio-emotive e collaborative in studenti con ASD, ADHD, DI e DSA.

La robotica assistiva sociale, invece, è progettata per promuovere l'interazione sociale, la comunicazione e la regolazione comportamentale (Feil-Seifer & Mataric, 2005). Robot umanoidi come NAO e Kaspar sono stati ampiamente utilizzati per facilitare l'attenzione congiunta, l'imitazione e il rispetto dei turni nei bambini con ASD (Nadeem et al., 2025). La semplificazione e prevedibilità dei segnali sociali riducono la complessità tipica dell'interazione umana, offrendo ambienti sicuri nei quali i bambini possono esercitare competenze che successivamente si generalizzano nella vita quotidiana (Soto-Icaza et al., 2015). In un laboratorio scolastico, Kaspar è stato impiegato per insegnare il riconoscimento di emozioni di base – come gioia, rabbia e tristezza – attraverso attività di matching tra espressioni facciali del robot e scenari visivi, facilitando la comprensione emotiva in bambini con ASD (Robins et al., 2018). Evidenze raccolte in recenti studi (Curcio et al., 2025; Stasolla et al., 2025) confermano come i robot assistivi sociali sostengano attenzione e motivazione riducendo, allo stesso tempo, il carico di supervisione per insegnanti e caregiver.

Oltre all'ambito comunicativo e sociale, la robotica è stata applicata anche alla riabilitazione motoria, dove attività robotiche simili agli exergames favoriscono abilità motorie, coordinazione e attività fisica (Feil-Seifer & Mataric, 2005). Nei bambini con DI o disabilità multiple, robot basati su gesture hanno facilitato la partecipazione ad esercizi che altrimenti sarebbero stati percepiti come ripetitivi o scoraggianti (Ojeda-Castelo et al., 2021). In tale direzione, uno studio (Eckert et al., 2017) ha proposto l'uso di exergames robotici integrati con algoritmi adattivi per personalizzare l'allenamento motorio e mantenere costante il livello di coinvolgimento.

La robotica offre inoltre opportunità uniche per la valutazione. Grazie a sensori, telecamere e routine di interazione programmata, i robot possono raccogliere dati su attenzione, tempi di risposta e comportamenti sociali, fornendo informazioni oggettive che integrano le osservazioni tradizionali (Warren et al., 2015). In uno studio (Ke & Moon, 2018), ad esempio, hanno

dimostrato come compiti collaborativi mediati da robot generino dati preziosi sulle strategie cognitive e sociali nei bambini con ASD. Ad esempio, durante un'attività cooperativa, il numero di turni rispettati, le richieste di aiuto o i comportamenti di autoregolazione sono stati tracciati in tempo reale e hanno offerto metriche oggettive di progresso, utili per adattare dinamicamente l'intervento (Salma et al., 2025). Allo stesso modo, studi (Stasolla et al., 2024) (Stasolla et al., 2025) sostengono che la robotica, integrata con analisi guidate dall'IA, possa supportare interventi adattivi in tempo reale, personalizzati sulle esigenze individuali.

Un punto di forza cruciale della robotica è la sua validità ecologica. Le applicazioni non sono più confinate ai laboratori, ma vengono sempre più implementate in scuole, cliniche e contesti domestici, creando continuità tra i diversi ambienti e facilitando la generalizzazione delle competenze (Ryalat et al., 2025). In alcune scuole primarie inclusive, i robot sono stati impiegati per insegnare regole di convivenza e routine quotidiane, come l'ingresso in aula o il riordino del materiale, favorendo l'autonomia e riducendo i comportamenti problema in alunni con ASD e DI (Díaz-Boladeras et al., 2025). Questo aspetto è particolarmente rilevante per i bambini con NDD, che spesso incontrano difficoltà nel trasferire abilità apprese da un contesto all'altro (Josseron et al., 2025). Inoltre, la rassegna mostra ulteriormente come sistemi robotici e basati su sensori possano estendersi oltre la terapia tradizionale, collegando valutazioni cliniche ad attività quotidiane e promuovendo autonomia e benessere familiare (Passaro et al., 2024).

Permangono tuttavia questioni pratiche ed etiche. I costi dei sistemi robotici e la necessità di formazione tecnica ne limitano l'accessibilità in scuole o comunità con risorse ridotte (Fombona et al., 2025). Le preoccupazioni etiche includono la garanzia di equità nell'accesso, la protezione dei dati sensibili e il rischio di un'eccessiva dipendenza dalla tecnologia a discapito dell'interazione umana (Ali, 2025). Come sottolineato in uno studio (Stasolla et al., 2025) tali questioni diventano ancora più rilevanti quando la robotica è integrata con analisi basate sull'IA, dove privacy, trasparenza e giustizia devono essere garantite.

La robotica rappresenta un'aggiunta potente agli strumenti dell'educazione inclusiva e dell'intervento terapeutico (Uslu et al., 2023). Grazie alla sua flessibilità, la robotica può sostenere apprendimento, sviluppo socio-emotivo e riabilitazione, integrandosi nei percorsi educativi e clinici reali (Warren et al., 2015). La capacità di operare all'intersezione tra educazione e terapia, coinvolgendo anche famiglie e caregiver, ne sottolinea il potenziale trasformativo come strumento capace di rispondere ai molteplici bisogni degli studenti neurodivergenti nei contesti reali (Lyu et al., 2024).

3.4 Integrazione della RE e dei SG

L'integrazione tra SG e RE rappresenta una delle frontiere più innovative dell'educazione speciale e degli interventi terapeutici rivolti a studenti con NDD (Panceri et al., 2021). I SG, per loro concezione, coinvolgono gli studenti attraverso ambienti digitali strutturati, adattivi e interattivi, capaci di sostenere la motivazione e fornire rinforzi immediati (Carneiro et al., 2024). La robotica, al contrario, introduce la dimensione dell'incarnazione fisica e dell'interazione tangibile, generando esperienze multisensoriali che combinano modalità visive, uditive e cinestetiche (Anwar et al., 2019). Quando queste due tecnologie vengono integrate, danno origine a contesti di apprendimento multimodale immersivi, prevedibili e ad elevata validità ecologica (Vacca et al., 2023). Tale sinergia sfrutta le caratteristiche motivazionali della gamification e, al tempo stesso, valorizza il potenziale incarnato, adattivo e sociale della robotica, producendo interventi non solo coinvolgenti ma anche significativi dal punto di vista dello sviluppo (Boubakri & Nafil, 2024).

Un vantaggio centrale di questa integrazione risiede nella complementarità dei rispettivi punti di forza. I SG si distinguono per la capacità di proporre sfide adattive, fornire feedback strutturati e integrare l'apprendimento all'interno di narrazioni ludiche orientate al raggiungimento di obiettivi, favorendo così la perseveranza nel tempo (Silva et al., 2025). La robotica arricchisce queste caratteristiche introducendo interazioni reali, gesti e segnali sociali semplificati che facilitano il coinvolgimento dei bambini che incontrano difficoltà nella gestione di dinamiche interpersonali complesse (Musicco et al., 2024). Insieme, queste tecnologie consentono di agire su più domini di sviluppo: dalle FE alle competenze accademiche, fino alla crescita socio-emotiva e ai comportamenti adattivi quotidiani. Studi empirici hanno già iniziato a evidenziare tali effetti: due studi (Panceri et al., 2021; Salhi et al., 2022), ad esempio, hanno dimostrato che interventi ibridi basati sulla combinazione di esercizi gamificati e terapie assistite da robot hanno prodotto miglioramenti significativi nella comunicazione, nell'attenzione e nelle

abilità cognitive di base. È rilevante sottolineare che genitori e caregiver hanno percepito tali interventi come altamente strutturati e meno gravosi in termini di supervisione, con una conseguente riduzione del carico familiare (Carlier et al., 2020). Risultati analoghi emergono da uno studio (Stasolla et al., 2025) che evidenzia come gli approcci ibridi offrano esiti più solidi e consistenti rispetto all'utilizzo isolato delle singole tecnologie, soprattutto in termini di coinvolgimento sostenuto.

Dal punto di vista cognitivo, i sistemi integrati SG–robotica hanno mostrato particolare efficacia nel potenziamento delle FE, della letto-scrittura e delle abilità numeriche (Adnan et al., 2023). I robot possono assumere il ruolo di mediatori, facilitatori o pari all'interno di contesti gamificati, guidando gli studenti nei compiti, sostenendo l'attenzione e rinforzando la perseveranza attraverso gesti, linguaggio o espressioni affettive (Ružić & Balaban, 2024). Un robot umanoide, ad esempio, può invitare un bambino a completare una sfida matematica all'interno di un SG, fornire feedback immediato e celebrare il successo con rinforzi verbali o gestuali (Sievers, 2025). Queste interazioni ibride favoriscono l'attenzione sostenuta, stimolano il monitoraggio dell'errore e supportano strategie di problem-solving—abilità spesso compromesse in ASD, ADHD e DI (Sievers, 2025). Inoltre, il contesto ludico riduce l'ansia da prestazione, consentendo agli studenti di affrontare i compiti scolastici con maggiore fiducia (Martinez et al., 2021). Evidenze scientifiche (Hossain et al., 2025; Stasolla et al., 2025) suggeriscono che l'integrazione dell' IA in piattaforme SG–robotica possa ulteriormente ottimizzare l'apprendimento, regolando dinamicamente livelli di difficoltà, modalità di feedback e strutture di compito in tempo reale sulla base di dati comportamentali e biometrici.

I benefici dell'integrazione si estendono anche allo sviluppo sociale. I robot, inseriti in attività gamificate, offrono opportunità strutturate per esercitare attenzione congiunta, imitazione e rispetto dei turni—abilità fondamentali ma spesso compromesse nell'ASD (Conti et al., 2021). I SG completano questo quadro inserendo interazioni sociali in scenari prevedibili e regolati da regole, riducendo l'ambiguità e favorendo la

generalizzazione. In tal senso, uno studio (Ke & Moon, 2018) ha dimostrato che giochi collaborativi assistiti da robot favorivano comportamenti sociali più ricchi e duraturi nei bambini con ASD rispetto a interazioni prive di componenti ludiche. Studi longitudinali (Roberts-Yates & Silvera-Tawil, 2019; Silvera-Tawil et al., 2018) hanno riportato miglioramenti persistenti nella comunicazione e nella regolazione quando i robot sociali assistivi venivano combinati con compiti gamificati. Questi esiti si ricollegano al quadro teorico di uno studio (Stasolla et al., 2023) che sostiene come la gamification immersiva, unita al feedback robotico, possa promuovere la crescita socio-emotiva simulando ambienti realistici ma controllati per l'esercizio delle abilità interattive.

Oltre agli esiti diretti sui bambini, i sistemi SG–robotica hanno rilevanti implicazioni per le famiglie. Riducendo la necessità di sollecitazioni costanti da parte degli adulti, favoriscono l'autonomia dei figli e alleggeriscono il carico sui caregiver. Due studi (Graham et al., 2022; Panceri et al., 2021) hanno evidenziato che i genitori riportavano maggiore soddisfazione con interventi ibridi, sottolineando non solo i progressi dei figli ma anche la riduzione dello stress nelle routine quotidiane. I genitori hanno inoltre sottolineato come la natura strutturata e coinvolgente di tali interventi accrescesse la fiducia nei miglioramenti dei figli e riducesse l'imprevedibilità delle richieste educative (Graham et al., 2022; Panceri et al., 2021). Questo duplice beneficio—maggiore autonomia dei bambini e riduzione del carico familiare—è stato confermato anche da uno studio (Stasolla et al., 2024) che ha posto l'accento sull'importanza di includere le prospettive dei caregiver nella progettazione degli interventi ibridi.

Le innovazioni tecnologiche stanno inoltre orientando l'integrazione verso percorsi sempre più personalizzati (Treve, 2024). Gli analytics incorporati nei SG permettono di monitorare le prestazioni degli studenti, mentre i robot possono modulare le risposte in tempo reale in base al comportamento, all'attenzione o allo stato emotivo del bambino (Wang et al., 2025). Questa capacità apre la strada a sistemi intelligenti in grado non solo di erogare interventi, ma anche di affinare i processi di valutazione

(Romero et al., 2024). Uno studio (Toki et al., 2023) ha dimostrato che la combinazione di dati biometrici con attività di gioco e interazioni robotiche può supportare lo screening precoce dei NDD, offrendo valore sia diagnostico che terapeutico. Allo stesso modo, un altro studio (Stasolla et al., 2025) ha sottolineato come le piattaforme ibride guidate dall'IA possano promuovere traiettorie personalizzate integrando valutazione continua e scaffolding individualizzato.

Nonostante tali progressi, gli approcci integrati devono affrontare ancora numerose sfide. I costi elevati dei robot umanoidi, le competenze tecniche limitate negli istituti scolastici e la mancanza di protocolli standardizzati ostacolano la scalabilità degli interventi (Sannicandro et al., 2022). Ulteriori criticità riguardano l'eterogeneità dei disegni di ricerca e la scarsità di misure di outcome standardizzate, che complicano il confronto tra studi e la valutazione dell'efficacia a lungo termine. A ciò si aggiungono questioni etiche, relative in particolare alla tutela dei dati, all'equità di accesso e alla necessità di garantire che gli interventi robotici integrino, senza sostituire, le interazioni umane autentiche (Obrenovic et al., 2025). Come evidenziato in uno studio (Zullo et al., 2024), l'implementazione sostenibile richiede un equilibrio accurato tra innovazione, equità e responsabilità etica.

L'integrazione tra SG e robotica rappresenta un modello trasformativo per l'educazione inclusiva e la terapia. Combinando la motivazione della gamification con l'interazione incarnata, questi sistemi favoriscono l'apprendimento accademico, il potenziamento delle FE, la crescita socio-emotiva e il benessere familiare (Riedmann et al., 2024). La loro validità ecologica—dimostrata dall'applicabilità in contesti scolastici, terapeutici e domestici—ne evidenzia l'elevato potenziale (Yang, 2024). Tuttavia, la ricerca futura dovrà privilegiare disegni longitudinali, misure di outcome standardizzate e collaborazioni interdisciplinari per garantire che tali interventi ibridi risultino realmente scalabili e sostenibili anche dal punto di vista etico.

3.5 Punti di Forza, Sfide e Prospettive Etiche nell'Applicazione di SG e RE

L'implementazione dei SG e della RE in ambito educativo e terapeutico ha conosciuto una crescente diffusione grazie alla loro capacità di affrontare sfide evolutive complesse nei bambini con NDD (Bertacchini et al., 2023). Queste tecnologie offrono vantaggi unici, combinando motivazione, personalizzazione e validità ecologica; tuttavia, le loro limitazioni e le questioni etiche che sollevano richiedono una riflessione critica per garantirne un'integrazione responsabile, equa e sostenibile (Stasolla & Ciarmoli, 2022).

Uno dei principali punti di forza dei SG e della RE risiede nella capacità di aumentare il coinvolgimento e la perseveranza nell'apprendimento (Riedmann et al., 2024). I metodi tradizionali spesso non riescono a mantenere l'attenzione degli studenti con NDD, che possono disimpegnarsi rapidamente a causa di frustrazione, evitamento dei compiti o assenza di rinforzi (Jacob et al., 2022). La gamification affronta questa criticità integrando gli obiettivi educativi in narrazioni interattive che offrono feedback immediati, obiettivi chiari e ricompense strutturate (Boubakri & Nafil, 2024). La RE, a sua volta, arricchisce queste dinamiche introducendo una presenza fisica e sociale che favorisce interazioni più durature (Romero et al., 2024).

Insieme, questi strumenti generano esperienze immersive che incrementano la motivazione, riducono i comportamenti di evitamento e trasformano l'apprendimento in un processo più piacevole (Owidi et al., 2024). Ad esempio, un SG che prevede il completamento di missioni didattiche può essere potenziato dalla presenza di un robot che accompagna verbalmente lo studente, fornisce suggerimenti con gesti o espressioni facciali e rinforza i successi con complimenti o applausi (Schiavo et al., 2024). Questa interazione multisensoriale stimola anche gli studenti con ASD o ADHD, che spesso rispondono meglio a stimoli prevedibili e visivi.

Un aspetto cruciale è rappresentato dalla personalizzazione: i sistemi adattivi possono modificare il livello di difficoltà, la tipologia di feedback e

lo stile di interazione sulla base delle prestazioni dello studente, mantenendo così le attività accessibili ma stimolanti (Taylor et al., 2021). Gli analytics integrati rafforzano ulteriormente questa personalizzazione, permettendo a insegnanti e terapisti di adattare dinamicamente gli interventi. Il modello presentato in uno studio (Stasolla et al., 2025) esemplifica come i sistemi ibridi adattivi possano sostenere l'apprendimento rispondendo in tempo reale agli stati comportamentali ed emotivi dei bambini.

Un ulteriore vantaggio riguarda la validità ecologica e la generalizzabilità delle abilità acquisite. A differenza di esercizi astratti e decontestualizzati, SG e RE offrono opportunità di apprendimento che rispecchiano situazioni reali (Umanath et al., 2023). Abilità esercitate in terapie assistite da robot o in ambienti gamificati—come il rispetto dei turni, il problem-solving o la regolazione emotiva—possono trasferirsi direttamente a contesti naturali quali la classe o la casa (Garcia-Hernandez et al., 2024). In una scuola primaria italiana, ad esempio, è stato implementato un SG integrato con RE per insegnare ai bambini con DI come gestire il denaro: i robot simulavano situazioni di acquisto e fornivano feedback immediati, facilitando la comprensione delle quantità e delle scelte (Bognar et al., 2025).

Questo allineamento è particolarmente rilevante per i bambini con NDD, che spesso faticano a generalizzare le competenze tra contesti diversi. Grazie a pratiche strutturate, ripetitive e incarnate, queste tecnologie aumentano la probabilità di mantenimento delle abilità nel tempo. Interventi ibridi riducono inoltre le richieste di supervisione da parte degli adulti. Due studi (Panceri et al., 2021; Salhi et al., 2022) hanno osservato che tali programmi non solo migliorano gli esiti dei bambini, ma riducono anche lo stress dei caregiver, favorendo maggiore autonomia. Analogamente, uno studio (Stasolla et al., 2025) ha documentato come i sistemi ibridi promuovano indipendenza e benessere familiare.

Nonostante i benefici, esistono importanti limitazioni che frenano un'adozione diffusa. L'eterogeneità metodologica rappresenta una delle criticità principali. Gli studi disponibili differiscono ampiamente per

disegno sperimentale, numerosità campionaria e misure di outcome, rendendo difficile la sintesi dei risultati e l'individuazione di buone pratiche. Molte ricerche (Boud & Falchikov, 2006; Konstantinidis, 2024) si concentrano su indicatori a breve termine, come l'attenzione o il coinvolgimento, mentre sono meno frequenti quelle che valutano competenze curriculari o la tenuta a lungo termine degli apprendimenti. Inoltre, bambini con DI gravi o con comorbidità multiple risultano spesso sottorappresentati, limitando la generalizzabilità delle evidenze (Stevens et al., 2016). Analoghe criticità sono state rilevate in uno studio (Passaro et al., 2024) dove incoerenze metodologiche e scarsa inclusività hanno ridotto la portata dei risultati.

A ciò si aggiungono barriere pratiche come i costi elevati dei robot umanoidi, la dipendenza da specifici dispositivi o connessioni Internet e la mancanza di formazione degli insegnanti, che ostacolano l'implementazione soprattutto nei contesti a risorse limitate (Stasolla et al., 2025). Ad esempio, in alcune scuole rurali italiane è risultato difficile implementare anche i robot più economici per via della mancanza di connessioni stabili e dell'assenza di personale formato (Cocchella et al., 2023).

Le questioni etiche complicano ulteriormente l'integrazione. L'equità di accesso rappresenta una delle sfide più urgenti: SG e RE rischiano di ampliare le disuguaglianze educative se disponibili soltanto in scuole o centri ben finanziati (Zou et al., 2025). La tutela della privacy costituisce un altro aspetto cruciale, poiché molti interventi raccolgono dati sensibili di natura comportamentale, biometrica o emotiva che devono essere protetti attraverso protocolli rigorosi (Vindigni, 2024). Vi è inoltre il rischio di un'eccessiva dipendenza dalla tecnologia: sebbene SG e RE possano sostenere l'apprendimento scolastico e sociale, non devono mai sostituire le relazioni umane autentiche, indispensabili per lo sviluppo emotivo e comunicativo (Zou et al., 2025). Interfacce poco accessibili o algoritmi non equi potrebbero generare frustrazione, perpetuare stereotipi o fornire feedback distorti.

Come sottolineato in uno studio (Zullo et al., 2024) la sostenibilità di tali interventi dipende dalla capacità di bilanciare innovazione, equità e responsabilità etica. In questo senso, i processi di co-progettazione partecipata che coinvolgano insegnanti, clinici, caregiver e studenti sono fondamentali per garantire interventi realmente rispondenti ai bisogni e per minimizzare rischi indesiderati.

SG e RE offrono opportunità trasformative per l'educazione inclusiva e la terapia. La loro capacità di stimolare la motivazione, personalizzare gli interventi, promuovere la generalizzazione delle competenze e ridurre il carico familiare evidenzia il loro potenziale unico a sostegno degli studenti con NDD (Vacca et al., 2023). Tuttavia, eterogeneità metodologica, vincoli di scalabilità e rischi etici impongono un'implementazione cauta e responsabile. Le prospettive future dovranno concentrarsi sullo sviluppo di protocolli standardizzati di valutazione, sull'ampliamento dell'inclusione di popolazioni eterogenee e sulla creazione di tecnologie accessibili e sostenibili (Mohammed & Malhotra, 2025). Inseriti in cornici evidence-based ed eticamente fondate, SG e RE possono integrare i metodi tradizionali e contribuire in modo significativo al progresso dell'educazione speciale, promuovendo non solo esiti accademici ma anche resilienza socio-emotiva, autonomia e benessere familiare.

Capitolo 4 – Contributi scientifici su Serious Games, Robotica Educativa e Tecnologie Avanzate per l'Apprendimento e la Salute nei Disturbi del Neurosviluppo

Questo capitolo presenta i principali contributi scientifici sviluppati nel corso del dottorato, dedicati all'esplorazione del ruolo dei SG, della RE e di altre tecnologie avanzate nel sostenere l'apprendimento e la salute nei NDD. I lavori raccolti delineano un percorso di ricerca coerente e progressivo, che parte da una fase esplorativa iniziale e conduce alla definizione di un modello integrato di intervento, successivamente applicato nello studio pilota descritto nel Capitolo 5.

Le prime pubblicazioni hanno avuto un'impostazione principalmente esplorativa e hanno contribuito a delineare il panorama scientifico di riferimento, mettendo in luce il potenziale educativo e terapeutico dei SG nei NDD. In questa fase, l'attenzione si è concentrata sulle dimensioni motivazionali, cognitive e socio-emotive, con particolare interesse per il ruolo dei SG nel promuovere inclusione e personalizzazione degli apprendimenti. Nella fase successiva, la ricerca si è ampliata verso l'integrazione tra SG e IA, con l'obiettivo di comprendere come sistemi adattivi e agenti intelligenti possano favorire lo sviluppo delle competenze socio-emotive, in particolare nei bambini e negli studenti con ASD.

L'evoluzione del percorso ha infine condotto alla realizzazione di una revisione sistematica, condotta secondo le linee guida PRISMA 2020 e registrata su OSF, volta ad analizzare l'impatto combinato di SG e RE sulla performance accademica e cognitiva nei NDD. Questa revisione rappresenta la sintesi e il consolidamento delle ricerche sviluppate nel corso del dottorato, offrendo una visione aggiornata delle evidenze empiriche, delle sfide metodologiche e delle direzioni future nell'ambito dell'educazione inclusiva mediata dalla tecnologia. Nei paragrafi seguenti vengono illustrati i principali contributi empirici e teorici che hanno scandito le diverse fasi di questo percorso di ricerca.

4.1 Integrazione di programmi basati su IA nella terapia dell'ASD: innovazioni per la riabilitazione personalizzata

L'ASD è una condizione neuroevolutiva che compromette comunicazione, interazione sociale e comportamenti adattivi (Ladd-Acosta et al., 2014). Negli ultimi anni le diagnosi sono aumentate significativamente (Liu et al., 2024).

L'IA rappresenta oggi uno strumento innovativo e promettente per il miglioramento degli interventi terapeutici rivolti ai bambini con ASD, consentendo diagnosi precoci, monitoraggio costante e percorsi riabilitativi personalizzati (Zhang et al., 2022). L'apprendimento automatico e i sistemi adattivi favoriscono la definizione di interventi più mirati e orientati all'autonomia (Naeem & Coronato, 2022). Un esempio concreto è rappresentato dal robot umanoide Kaspar, che ha migliorato le capacità di vita quotidiana nei bambini con ASD attraverso l'imitazione del comportamento umano (Wainer et al., 2010).

Per analizzare le principali caratteristiche dei programmi basati sull'IA per la promozione delle competenze sociali, è stata condotta una ricerca su Scopus, inserendo le parole chiave "intelligenza artificiale", "autismo" e "riabilitazione". Le linee guida standard adottate in questa revisione erano in linea con la dichiarazione PRISMA (Page et al., 2021). La ricerca ha prodotto 53 risultati riferiti al periodo 2013–2024. Dopo aver escluso le revisioni, sono stati considerati solo gli studi empirici pertinenti, per un totale di 6 lavori rilevanti sull'uso di programmi basati sull'IA per lo sviluppo delle competenze sociali.

Rispetto alle rassegne precedenti, questa revisione si distingue per il suo focus sulla dimensione riabilitativa e personalizzante dei programmi di IA rivolti a bambini e adolescenti con ASD. Mentre la maggior parte degli studi esistenti (Alowais et al., 2023; Bhuyan et al., 2025) si concentra sugli aspetti diagnostici o clinici dell'IA, questo lavoro mette in evidenza le applicazioni terapeutiche mirate allo sviluppo delle competenze sociali e comunicative. L'obiettivo è offrire una sintesi aggiornata degli interventi empiricamente

validati e individuare le prospettive più promettenti per una riabilitazione realmente individualizzata e centrata sulla persona.

In questa prospettiva, un primo elemento di novità del presente lavoro riguarda l'attenzione posta non solo sulle caratteristiche tecniche dei sistemi di IA, ma anche sulle modalità con cui tali strumenti vengono integrati nei contesti riabilitativi reali. Diversamente da revisioni più descrittive, questa analisi si concentra su come i programmi basati su IA si innestano nella pratica quotidiana – a scuola, a casa o nei centri – e su come modifichino le modalità di interazione terapeutica, favorendo percorsi più dinamici e partecipativi.

Gli studi esaminati hanno dimostrato come i programmi basati su IA possano potenziare significativamente valutazione e riabilitazione nei bambini con ASD, fornendo interventi su misura che rispondono ai bisogni individuali. Per esempio, il Sistema di Comunicazione Aumentativa e Alternativa Multilivello (MLAAC) utilizza un'interfaccia virtuale personalizzabile per supportare la comunicazione, mostrando come l'IA possa creare strumenti adattabili alle esigenze specifiche dell'utente (Li et al., 2022).

Un secondo elemento innovativo emerso dalla revisione riguarda l'identificazione di un filone emergente nella letteratura: l'uso dell'IA come “mediatore” relazionale capace di facilitare l'interazione, monitorare costantemente i progressi e adattare i contenuti in tempo reale. Questa prospettiva adattiva, basata su feedback continui e multimodali, è ancora poco approfondita ma appare particolarmente promettente per rispondere all'eterogeneità delle manifestazioni dell'ASD. Gli studi (Maddalon et al., 2024; Saber-Moghadam et al., 2024) più recenti mostrano infatti che i sistemi maggiormente efficaci sono quelli in grado di integrare dati motori, linguistici e comportamentali per restituire interventi personalizzati e davvero significativi.

L'uso di IA sicura per sostenere autonomia e qualità di vita emerge in diversi studi (Fiorino et al., 2024). In uno studio (Safi et al., 2023) hanno

evidenziato che gli Assistenti Vocali Virtuali (VVAs) migliorano le abilità di linguaggio e interazione sociale, rendendo gli interventi domiciliari più efficaci. La capacità dei giovani di interagire con i VVAs e mostrare progressi sottolinea il potenziale dell'IA nel creare ambienti coinvolgenti che promuovono autodeterminazione (Safi et al., 2023).

Un ulteriore aspetto di originalità di questa revisione riguarda l'attenzione posta sul ruolo delle famiglie e dei caregiver, spesso trascurato nelle analisi precedenti. Questo lavoro valorizza una prospettiva ecosistemica, mettendo in luce come i programmi basati su IA possano ridurre il carico familiare, migliorare la collaborazione tra adulti significativi e creare ambienti di apprendimento più sostenibili nel lungo periodo. Tale orientamento amplia l'orizzonte delle applicazioni dell'IA, spostandolo da un approccio puramente clinico a una visione integrata che considera l'intera rete di supporto del bambino.

Un ulteriore beneficio riguarda il coinvolgimento costruttivo: in uno studio (Taheri et al., 2021) hanno mostrato che una piattaforma di interazione uomo-robot possa supportare la riabilitazione cognitiva valutando le abilità di imitazione. L'impiego di algoritmi di IA per valutazioni automatizzate assicura misure oggettive e non distorte, facilitando terapie personalizzate ed efficaci. Il carico su caregiver e famiglie può essere alleviato tramite interventi IA: Safi et al. riportano che le madri di giovani che utilizzavano VVAs hanno osservato miglioramenti nelle interazioni e hanno espresso soddisfazione per il programma (Safi et al., 2023). Ciò suggerisce che gli strumenti di IA possano fornire un supporto significativo alle famiglie.

Nonostante i risultati promettenti, la letteratura mostra ancora limiti significativi, tra cui campioni ristretti, assenza di follow-up e scarsa standardizzazione dei protocolli sperimentali. Malgrado le potenzialità applicative dell'IA nello sviluppo di strategie riabilitative per giovani con ASD, permangono aspetti tecnici da perfezionare. Gli autori (Li et al., 2022) mostrano che la funzionalità core di MLAAC è quasi completa, ma restano dettagli da affinare, in particolare la componente di Deep Learning (DL). È

stata prevista l'opzione on/off delle funzioni avanzate per studiare l'uso reale e perfezionarle. In prospettiva, il DL potrebbe offrire raccomandazioni più precise (es. suggerire card aggiuntive in base alla posizione), ampliare l'audio processing (voci, opzioni di parlato, clip) e aggiungere funzioni di photo-ID e salvataggio; un disegno identitario più ricco di dati utente consentirebbe configurazioni di piattaforma più personalizzabili.

Guardando al futuro, sarà cruciale coinvolgere campioni più ampi, garantire una maggiore rappresentatività, affrontare le questioni legate alla privacy e alla protezione dei dati (Naeem et al., 2019), nonché standardizzare metodologie e misure di outcome. Inoltre, sarà fondamentale promuovere un approccio etico e collaborativo tra ricercatori, clinici, caregiver e sviluppatori per la creazione di soluzioni realmente user-centered.

L'integrazione dell'IA nelle pratiche riabilitative per l'ASD rappresenta un passo importante verso approcci più personalizzati, inclusivi e sostenibili. La continuità della ricerca, l'attenzione all'etica e la cooperazione interdisciplinare costituiranno elementi chiave per valorizzare appieno il potenziale di queste tecnologie e favorire un reale empowerment dei bambini con ASD e delle loro famiglie.

In questo senso, la revisione non si limita a sintetizzare lo stato dell'arte, ma propone anche indicazioni operative concrete per lo sviluppo di applicazioni più mature e trasferibili. Una direzione particolarmente rilevante riguarda l'integrazione di IA con tecnologie già diffuse nei contesti educativi – come SG, AR o RE – in un approccio multimodale capace di rispondere ai bisogni complessi dei bambini con ASD. Tale prospettiva, ancora marginale nella letteratura internazionale, rappresenta una delle novità più significative evidenziate da questa ricerca, e suggerisce traiettorie future che potrebbero trasformare in profondità il modo in cui l'IA sostiene lo sviluppo sociale e comunicativo nei bambini con ASD.

4.2 Combinare SG, interazioni sociali e VR negli adolescenti con ASD: una revisione approfondita

L'ASD è una condizione del neurosviluppo che incide negativamente su comunicazione, interazione sociale e comportamento (Sharma et al., 2018).

L'integrazione tra SG e VR rappresenta un approccio emergente capace di unire il coinvolgimento ludico dei giochi educativi con l'immersività della VR. Insieme, queste tecnologie offrono opportunità uniche per simulare esperienze sociali realistiche e a basso rischio, favorendo l'apprendimento esperienziale e la riduzione dell'ansia sociale (Nijman et al., 2023).

Questa revisione (Passaro et al., 2024) fornisce una sintesi aggiornata degli studi empirici sull'uso combinato di SG e VR per lo sviluppo delle abilità sociali in adolescenti con ASD, con l'obiettivo di colmare il vuoto tra sperimentazione tecnologica e applicazioni terapeutiche concrete. Il contributo principale di questo lavoro consiste nell'integrare risultati frammentati per delineare un modello coerente di intervento digitale, centrato su interazione, motivazione e adattamento individuale.

Un aspetto innovativo della revisione riguarda anche la scelta metodologica adottata nella selezione degli studi: l'utilizzo mirato di parole chiave legate alle interazioni sociali ha permesso di individuare interventi realmente focalizzati sulle competenze relazionali, riducendo la dispersione che caratterizza molte rassegne precedenti. Questa strategia ha reso possibile costruire un quadro più preciso e clinicamente rilevante degli studi disponibili.

Le evidenze mostrano che l'unione di SG e VR consente di esercitare abilità sociali e decisionali in ambienti controllati, realistici e privi di conseguenze negative, promuovendo fiducia e partecipazione attiva (Li et al., 2023).

I SG, grazie alla loro flessibilità e adattabilità, permettono di personalizzare le esperienze formative in base al profilo cognitivo e alle preferenze dell'utente, sostenendo così approcci terapeutici realmente individualizzati (Grossard et al., 2017).

Alcuni studi (Tan et al., 2024; Xu et al., 2022) sottolineano inoltre il potenziale impatto positivo di queste tecnologie anche sul benessere familiare, riducendo il carico dei caregiver e favorendo una gestione più equilibrata delle sfide educative e relazionali. La revisione approfondisce questo aspetto, evidenziando un contributo ulteriore: l'impatto sistemico che SG e VR possono avere sull'intera famiglia. L'analisi mostra come gli interventi digitali ben progettati possano non solo migliorare le abilità degli adolescenti, ma anche aumentare la percezione di autoefficacia dei caregiver, offrendo strumenti utilizzabili quotidianamente in modo flessibile e accessibile. Questa prospettiva familiare, ancora poco sviluppata nelle review precedenti, rappresenta un ampliamento significativo del quadro interpretativo.

Per identificare gli studi più rilevanti, è stata condotta una ricerca su Scopus, seguendo le linee guida PRISMA (Page et al., 2021). Le parole chiave utilizzate sono state "autism spectrum disorders", "serious games", "virtual reality" e "social interactions", con limiti temporali fissati tra il 2013 e il 2024 e lingua inglese. Sono stati esclusi atti di conferenze, revisioni e capitoli di libro. La selezione finale ha incluso sette studi empirici pertinenti.

Gli studi individuati sono stati analizzati secondo tre dimensioni chiave: progettazione tecnologica, metodologia di valutazione ed esiti clinico-educativi.

Ghanouni et al. hanno sviluppato un programma di motion gaming interattivo per potenziare competenze socio-emotive in bambini e giovani con ASD ad alto funzionamento (Ghanouni et al., 2021).

Cadieux & Keenan hanno esplorato Minecraft come ambiente per il training sociale, denominato progetto Social Craft, introducendo attività strutturate che mimano scenari reali (Cadieux & Keenan, 2020).

Gabrielli et al. hanno presentato Zentastic VR, gioco avventura multiplayer per potenziare abilità sociali negli adolescenti con ASD (Gabrielli et al., 2023).

Alcuni studiosi (Simões et al., 2018) hanno creato un gioco VR per il training dell'autonomia in autobus, riducendo l'ansia.

Gli autori hanno sviluppato SoundFields, un gioco VR per l'ipersensibilità uditiva nell'ASD, integrando tecniche di esposizione con audio spaziale binaurale (Johnston et al., 2020).

Gli autori hanno sviluppato un gioco VR per insegnare l'attraversamento strada a bambini con ASD, con interazioni via Kinect, tastiera e touchscreen; sono stati riscontrati miglioramenti in conoscenze e fiducia, con buona user experience (Tan et al., 2022).

Nel complesso, i diversi studi mostrano un impatto positivo sull'apprendimento sociale e sull'adattamento comportamentale, pur differendo per contesto, tecnologia e durata degli interventi.

Il contributo distintivo di questa revisione consiste nell'elaborazione di un quadro interpretativo integrato che collega le evidenze empiriche sull'uso combinato di SG e VR ai principi di personalizzazione, inclusività e validità ecologica, offrendo una prospettiva unitaria finora poco esplorata nella letteratura. A questo si aggiunge una seconda novità: la revisione ha messo in relazione scenari interventivi molto eterogenei — dal motion gaming ai giochi VR sensoriali, fino agli ambienti sandbox come Minecraft — individuando pattern ricorrenti che non erano mai stati descritti in modo comparativo. Questo confronto trasversale permette di cogliere punti di forza e limiti condivisi, e fornisce una tassonomia utile per orientare futuri interventi combinati SG–VR.

Persistono tuttavia limiti metodologici, tra cui campioni ridotti, studi di breve durata e scarsa eterogeneità dei partecipanti, che riducono la generalizzabilità dei risultati (Caruso et al., 2023). Inoltre, la maggior parte delle ricerche coinvolge soggetti high-functioning, limitando l'applicabilità dei risultati a profili ASD più complessi (Valori et al., 2021). Proprio questo punto rappresenta una terza novità della revisione: l'identificazione di un vuoto critico nella letteratura, ovvero la scarsa rappresentazione degli adolescenti con ASD a più alto livello di complessità. Tale mancanza viene

analizzata non solo come limite metodologico, ma come nodo centrale da affrontare per garantire equità e inclusione negli interventi digitali.

Per colmare tali lacune, questa ricerca propone di estendere i protocolli SG-VR a popolazioni con diversi livelli di funzionamento cognitivo, integrando strumenti di AR e IA predittiva. Ciò consentirebbe di calibrare le esperienze in modo più fine, modulando tempi, stimoli e feedback sulla base dei dati neurofisiologici raccolti durante l'attività. La revisione introduce inoltre una prospettiva nuova sull'integrazione IA-SG-VR, mostrando come l'aggiunta di modelli predittivi e sistemi adattivi possa costituire la base di un paradigma riabilitativo più dinamico e sensibile al contesto, capace di adattarsi in tempo reale al profilo dell'adolescente. Questa visione combinata non è presente nelle revisioni precedenti ed evidenzia il potenziale evolutivo delle tecnologie ibride.

Le ricerche future dovranno concentrarsi su disegni longitudinali per valutare l'efficacia a lungo termine e la trasferibilità delle competenze acquisite, includere campioni più diversificati e ridurre le barriere economiche e tecnologiche che ostacolano la diffusione di SG e VR (Stasolla et al., 2023; Swinckels et al., 2024; Zini et al., 2022). Infine, la revisione propone un orientamento strategico per gli sviluppi futuri, sottolineando l'importanza di progettare interventi che tengano conto non solo dell'efficacia clinica, ma anche della sostenibilità economica e della fruibilità quotidiana. Questo approccio pragmatico costituisce un ulteriore contributo di innovazione, in quanto amplia la prospettiva terapeutica includendo fattori di accessibilità e impatto reale nel contesto di vita degli adolescenti con ASD.

4.3 Apprendimento profondo e di rinforzo combinato con SG per promuovere l'assistenza sanitaria nei NDD: una nuova ipotesi

I bambini e gli adolescenti con NDD presentano difficoltà significative nella gestione delle attività quotidiane, nella comunicazione e nelle interazioni sociali, che possono limitare autonomia e partecipazione (Howner et al., 2018; Malik et al., 2023). L'individuazione precoce e l'adozione di strategie personalizzate sono fondamentali per sostenere il funzionamento adattivo e la qualità di vita (Chorna et al., 2024; Henry et al., 2016).

Negli ultimi anni l'IA è emersa come strumento promettente per la valutazione e la riabilitazione nei NDD, favorendo approcci più precoci e personalizzati (Boubakri & Nafil, 2024).

Il DL, sottocategoria del Machine Learning (ML), ha mostrato risultati rilevanti nell'individuazione di pattern neurofunzionali complessi e nella diagnosi precoce dei NDD (Kucewicz et al., 2023; Swinckels et al., 2024). Gli algoritmi di DL, come le reti neurali convoluzionali, hanno compiuto progressi significativi, consentendo l'analisi di grandi quantità di dati e una maggiore precisione nell'estrazione di pattern complessi. Le ricerche recenti hanno confermato l'efficacia del DL nel riconoscere alterazioni cerebrali precoci e nel distinguere i profili di rischio nei bambini con ASD (Wang et al., 2023).

Il RL, anch'esso appartenente al ML, trova invece applicazione in ambito riabilitativo, poiché consente all'agente di IA di adattare in tempo reale gli stimoli e le attività in base alle risposte dell'utente, favorendo un apprendimento personalizzato e progressivo (Zini et al., 2022).

La gamification, integrando elementi ludici nei programmi terapeutici, promuove motivazione, autonomia e autoregolazione, risultando efficace nel sostegno delle abilità cognitive e sociali (Alves et al., 2020; Bakır et al., 2023; Boubakri & Nafil, 2024).

Alla luce di queste evidenze, il presente studio (Stasolla et al., 2024) propone una nuova ipotesi teorico-applicativa che integra DL, RL e gamification in un unico modello per la valutazione e la riabilitazione nei NDD, fondato su una visione integrata che connette analisi neurofisiologica e intervento comportamentale, superando la frammentazione dei modelli esistenti. Una prima novità introdotta da questo lavoro consiste nell'avere mostrato come l'integrazione tra DL, RL e gamification possa superare il limite tradizionale che separa la valutazione neurofisiologica dall'intervento comportamentale. La proposta suggerisce infatti un continuum tra diagnosi e riabilitazione, con un monitoraggio dinamico che accompagna l'utente nel tempo. Tale prospettiva integrata non compare nelle rassegne precedenti e costituisce un primo contributo originale del presente lavoro.

Il modello si articola in tre fasi: nella prima fase, attraverso i principi del DL, il sistema artificiale sarebbe in grado di differenziare tra individui a sviluppo tipico e soggetti a rischio di NDD; nella seconda fase, tramite una combinazione di RL e gamification, sarebbe possibile progettare attività ludiche, educative e riabilitative finalizzate a potenziare abilità cognitive e comunicative, oltre a trasformare comportamenti problematici in attività adattive, funzionali o occupazionali (Chiapparino et al., 2011); nella terza fase, la validità clinica dell'intervento potrebbe essere verificata coinvolgendo valutatori esperti esterni attraverso procedure di validazione sociale (Stasolla et al., 2019).

Un secondo elemento innovativo riguarda la possibilità di utilizzare il DL non solo come strumento diagnostico, ma anche come mezzo per costruire una modellizzazione computazionale del profilo cognitivo dell'utente. Questa funzione predittiva permetterebbe di anticipare quali attività risultino più efficaci per un determinato bambino, rendendo la personalizzazione più accurata e basata su dati neurofisiologici reali. Tale prospettiva predittiva costituisce un ampliamento significativo rispetto agli approcci documentati finora.

La proposta evidenzia inoltre il ruolo cruciale della responsività dell'ambiente digitale. Nei modelli esistenti, l'adattamento si basa spesso su

parametri predefiniti; nella presente ipotesi, invece, l'algoritmo RL modifica gli stimoli in tempo reale sulla base dei micro-cambiamenti dell'utente, generando ambienti realmente interattivi. Questo tipo di responsività, co-costruita con il bambino, rappresenta un ulteriore contributo originale del modello.

Questo approccio mira a promuovere autodeterminazione, partecipazione e inclusione sociale, riducendo il carico dei caregiver e migliorando la qualità di vita (Song et al., 2022).

Un'altra innovazione del modello risiede nell'inclusione esplicita di indicatori ecologici come autonomia, gestione delle attività quotidiane e supporto familiare. Mentre la maggior parte dei lavori si concentra sugli aspetti cognitivi, la presente proposta amplia l'orizzonte includendo il benessere quotidiano e la reale trasferibilità degli apprendimenti, elementi particolarmente critici nei NDD.

Il contributo originale di questa proposta risiede nell'elaborazione di un modello integrato che unisce analisi neurofisiologica e intervento ludico-riabilitativo in un'unica architettura adattiva, offrendo una base concettuale e metodologica per futuri sviluppi clinici e applicativi. In questo senso, la proposta introduce anche la possibilità di sviluppare un ciclo di apprendimento closed-loop, in cui valutazione, adattamento e intervento dialogano in modo continuo. Questa architettura favorisce un miglioramento progressivo non solo nell'utente, ma anche nel sistema stesso, che affina nel tempo la qualità delle attività proposte.

Saranno necessari studi longitudinali e approfondimenti etici per verificarne l'efficacia, la sostenibilità e la sicurezza dei dati. Infine, un ulteriore contributo innovativo del lavoro riguarda l'attenzione dedicata alla sostenibilità tecnologica ed etica: la proposta sottolinea l'urgenza di sviluppare sistemi trasparenti, con protocolli di tracciabilità dei dati e coinvolgimento attivo di famiglie e clinici. Questa riflessione, spesso trascurata nelle proposte teoriche, amplia l'approccio scientifico includendo responsabilità e accessibilità come componenti fondamentali.

4.4 Mappatura delle applicazioni educative e terapeutiche dei SG per promuovere le competenze socio-emotive negli adolescenti con ASD: una revisione di scopo

Oltre alla disabilità intellettiva, possono essere presenti disturbi del linguaggio e della comunicazione, insieme a interessi limitati e comportamenti ripetitivi (American Psychiatric Association, 2013). Tali caratteristiche compromettono l'adattamento alla vita quotidiana e riducono la qualità della vita e il benessere psicologico e sociale (Deserno et al., 2018; Vasilopoulou & Nisbet, 2016). È stato osservato che le persone con ASD presentano frequentemente disturbi affettivi e difficoltà di regolazione emotiva (Coifman & Summers, 2019). Deficit nella regolazione delle emozioni sono stati documentati sia in individui con ASD sia in soggetti a sviluppo tipico che presentano disturbi affettivi (Mazefsky et al., 2013).

Inoltre, alcune ricerche (Hollocks et al., 2019; Lugo-Marín et al., 2019) hanno evidenziato una maggiore vulnerabilità allo sviluppo di disturbi psichiatrici, in particolare disturbi dell'umore, rispetto alla popolazione generale. Tali evidenze sottolineano la necessità di interventi innovativi che integrino dimensione educativa e terapeutica, come i SG, per sostenere competenze emotive e sociali nelle persone con ASD (Silva et al., 2021).

I SG trovano ampia applicazione in ambito educativo, riabilitativo e diagnostico, dimostrandosi efficaci nel sostenere lo sviluppo cognitivo, emotivo e sociale nei NDD (DeSmet et al., 2014; Stasolla et al., 2024; Xu et al., 2023). A differenza dei metodi tradizionali, combinano obiettivi formativi e coinvolgimento attivo, favorendo la partecipazione e la motivazione.

Una meta-analisi (Wouters et al., 2013) ha mostrato una maggiore efficacia dei SG rispetto all'insegnamento tradizionale, soprattutto in contesti collaborativi. Inoltre, interventi digitali come quelli computer-based e basati su SG si sono rivelati utili nel sostenere la gestione delle

attività quotidiane e nello sviluppo di abilità sociali e comunicative in persone con ASD e ADHD (Mihova et al., 2023).

Attraverso scenari realistici e narrativi, i SG permettono di esercitare competenze emotive e sociali in un ambiente sicuro e controllato (Guilbaud et al., 2022; Sterkenburg & Vacaru, 2018; Villani et al., 2018). Essi sono utilizzati per migliorare abilità motorie, cognitive e relazionali nei NDD (Kokol et al., 2020; Perez-Munoz et al., 2018), nonché per valutare attenzione, memoria e funzioni esecutive (Valladares-Rodríguez et al., 2016)

La personalizzazione dei SG — rispetto ai giochi commerciali standard — aumenta la motivazione, l'aderenza e l'efficacia degli interventi (Noveletto et al., 2018; Vieira et al., 2021).

Studi recenti hanno dimostrato che i SG possono migliorare il riconoscimento emotivo, il controllo dell'ansia e la socializzazione adattiva (Carlier et al., 2020; Fridenson-Hayo et al., 2017; Tang et al., 2019). In particolare, giochi progettati per abilità di vita quotidiana, come Emotiplay o simulatori di spesa, hanno evidenziato progressi nel problem solving, nell'attenzione e nella capacità di seguire istruzioni (Vallefuoco et al., 2022). Tecniche di valutazione complementari, come l'eye-tracking, permettono inoltre di analizzare con maggiore precisione i processi cognitivi e sociali coinvolti (Chien et al., 2023; De Carvalho et al., 2022).

SG mediati dai genitori, come Zirkus Empathico, hanno prodotto miglioramenti temporanei in empatia e regolazione emotiva, ma resta necessaria una validazione a lungo termine (Kirst et al., 2022).

La letteratura mostra risultati incoraggianti ma disomogenei, suggerendo che l'efficacia dei SG dipende da variabili di design, dal grado di personalizzazione e dal coinvolgimento attivo dell'utente (Grossard et al., 2017). Un aspetto ancora poco esplorato riguarda la trasferibilità delle abilità acquisite nel gioco alla vita reale, che richiede ulteriori verifiche empiriche (Whyte et al., 2015).

Il coinvolgimento diretto degli adolescenti con ASD nella progettazione dei SG ha migliorato l'aderenza e la rilevanza delle esperienze di gioco, ma servono studi sistematici per analizzare l'impatto dei diversi livelli di partecipazione (Frauenberger et al., 2013).

Questa revisione di scopo introduce alcuni elementi di novità rispetto alla letteratura esistente. In primo luogo, propone una mappatura aggiornata (2013–2024) delle applicazioni dei SG rivolte ad adolescenti con ASD, evidenziando le tendenze emergenti e i settori ancora poco esplorati. Una prima novità rilevante consiste nell'aver ricostruito un quadro evolutivo continuo, che mostra come negli ultimi anni i SG si siano progressivamente spostati da interventi focalizzati sul riconoscimento emotivo a esperienze più complesse che integrano regolazione, cooperazione e interazione sociale mediata da piattaforme immersive. Questo approccio diacronico, assente nelle rassegne precedenti, consente di cogliere cambiamenti strutturali nel modo in cui i SG vengono progettati e utilizzati.

In secondo luogo, integra la prospettiva educativa con quella terapeutica, offrendo una lettura unitaria dello sviluppo socio-emotivo mediato dal gioco.

Un secondo contributo originale riguarda l'identificazione di competenze socio-emotive ancora poco rappresentate nei SG attuali — come gestione dei conflitti, flessibilità emotiva ed empatia complessa — nonostante la loro importanza nell'adolescenza. Questa mappatura critica permette di evidenziare aree che meritano maggiore attenzione e sviluppo nei futuri interventi digitali.

Infine, identifica i fattori che più frequentemente influenzano l'efficacia degli interventi — come la personalizzazione, il feedback adattivo e il realismo narrativo — e segnala le principali sfide ancora aperte, tra cui la standardizzazione dei protocolli e la necessità di valutazioni longitudinali.

Un terzo elemento di novità è rappresentato dalla prospettiva “esperienziale adattiva”, proposta in questa revisione, che interpreta il gioco non come semplice strumento didattico o riabilitativo, ma come un

ambiente dinamico in cui l'adolescente può sperimentare ruoli, emozioni e relazioni in modo protetto ma autentico. Questa cornice concettuale consente di valorizzare il carattere trasformativo dell'esperienza ludica, andando oltre la tradizionale visione funzionalista dei SG.

La ricerca, condotta su Scopus e limitata a studi empirici peer-reviewed, ha identificato 9 articoli pertinenti su 35 iniziali, pubblicati tra 2013 e 2024, riguardanti adolescenti tra 11 e 19 anni. Gli studi provenivano da Marocco, Iran, Francia, Italia, Canada, Stati Uniti e Regno Unito, mostrando un panorama internazionale frammentato.

Tra i giochi più utilizzati figurano JeStiMule, mirato al riconoscimento delle emozioni attraverso stimoli multisensoriali (Elhaddadi et al., 2021; Serret et al., 2014); , EmoGalaxy, progettato per la regolazione emotiva (Shams et al., 2020) e SAGA, volto a potenziare l'attenzione condivisa e la percezione dello sguardo (Scherf et al., 2024). Altri studi hanno impiegato piattaforme di VR come Zentastic VR Adventure Game per promuovere interazioni sociali in contesti di gruppo (Gabrielli et al., 2023).

Il contributo innovativo di questa revisione non si limita a raccogliere dati esistenti, ma a proporre una lettura integrata delle applicazioni dei SG secondo una prospettiva “esperienziale adattiva”. In questa direzione, la revisione introduce un'attenzione nuova alla “responsività del gioco”, mettendo in evidenza come i SG più efficaci siano quelli in grado di modulare difficoltà, ritmo e feedback sulla base delle reazioni dell'utente. Questa capacità di adattamento in tempo reale, raramente tematizzata nelle rassegne precedenti, rappresenta un fattore chiave per sostenere engagement, motivazione e generalizzazione degli apprendimenti.

Infine, la revisione propone di considerare i SG come strumenti di “ecologia relazionale”, capaci di integrare terapeuti, genitori e pari in un'unica esperienza condivisa. Questa impostazione, ancora poco discussa nella letteratura, mostra come il gioco possa diventare uno spazio sociale co-costruito, favorendo un

trasferimento più stabile delle competenze alla vita reale. Tale prospettiva amplia il ruolo dei SG, riconoscendoli come ambienti ecologici che incidono non solo sul singolo adolescente, ma anche sulle dinamiche familiari e scolastiche.

4.5 Migliorare le competenze socio-emotive nei bambini con ASD attraverso SG basati su IA: una revisione narrativa

L'ASD è una condizione neuroevolutiva complessa e permanente, caratterizzata da persistenti difficoltà nella comunicazione e nell'interazione sociale, insieme a schemi di comportamento, interessi o attività ristretti e ripetitivi (American Psychiatric Association, 2013). Tra le aree di maggiore fragilità vi sono le competenze socio-emotive, fondamentali per il benessere e la partecipazione sociale (Bandura, 2001). Le difficoltà nella comprensione delle emozioni e nella regolazione del comportamento possono favorire ansia, isolamento e minori opportunità di inclusione (Xu et al., 2024).

Negli ultimi anni, l'interesse scientifico verso approcci innovativi che uniscono tecnologia e intervento psicoeducativo è cresciuto in modo significativo. In particolare, l'integrazione tra SG e IA rappresenta una delle aree più promettenti, ma al tempo stesso meno sistematicamente esplorate.

Il contributo innovativo di questa revisione si articola su tre livelli principali.

Primo, offre una sintesi aggiornata (2014–2024) delle applicazioni dei SG potenziati dall'IA per lo sviluppo socio-emotivo nei bambini con ASD, mettendo in luce le evidenze empiriche più recenti e le tecnologie emergenti. Secondo, integra la prospettiva tecnologica con quella educativa, proponendo un quadro interpretativo che collega l'adattamento algoritmico, il feedback multimodale e l'apprendimento socio-emotivo in una visione unitaria. Infine, individua nuove direzioni di ricerca, evidenziando la necessità di protocolli longitudinali, campioni più ampi e misure standardizzate per valutare la trasferibilità e la sostenibilità degli interventi.

Inoltre, rispetto alle rassegne precedenti, questa revisione introduce un approccio metodologico più selettivo, concentrandosi esclusivamente su giochi che integrano componenti di IA realmente operative, come sistemi adattivi, riconoscimento emotivo e feedback personalizzato. Questa scelta ha permesso di isolare gli interventi che utilizzano l'IA come meccanismo attivo di cambiamento, evitando la confusione metodologica tipica degli studi che includono semplici elementi multimediali. Tale distinzione consente di delineare un quadro scientificamente più rigoroso e comparabile.

Un secondo elemento innovativo riguarda l'integrazione tra prospettiva educativa e prospettiva computazionale: la revisione propone un modello interpretativo che connette i processi di apprendimento socio-emotivo con i meccanismi algoritmici dell'IA (es. analisi multimodale, adattamento in tempo reale), offrendo una lettura più profonda di come la tecnologia influenzi l'esperienza emotiva del bambino. Questa visione congiunta è ancora marginale nella letteratura e rappresenta un contributo concettuale rilevante.

Un ulteriore contributo originale consiste nell'aver identificato domini socio-emotivi poco rappresentati nei giochi attuali — come gestione della frustrazione, flessibilità emotiva e abilità nelle situazioni sociali imprevedibili — evidenziando così gap applicativi concreti e fornendo indicazioni utili per la progettazione di SG più aderenti ai bisogni reali dei bambini con ASD.

La revisione introduce anche una riflessione originale sul tema della generalizzazione, collegando per la prima volta le caratteristiche algoritmiche dei giochi (feedback adattivo, monitoraggio multimodale, riconoscimento emotivo) con la loro capacità di facilitare il trasferimento delle competenze alla vita quotidiana. Questo collegamento, raramente esplicitato nelle rassegne precedenti, aiuta a comprendere perché alcuni interventi generano cambiamenti duraturi mentre altri restano confinati all'ambiente di gioco.

Infine, la revisione valorizza il ruolo dell'ecosistema educativo e familiare, mostrando come gli SG basati su IA possano incidere indirettamente sulla qualità delle interazioni tra caregiver, insegnanti e bambini. Questa prospettiva ecologica, poco discussa nelle precedenti revisioni, evidenzia che l'impatto dell'IA non riguarda solo il bambino, ma si estende alle dinamiche quotidiane e alla percezione di autoefficacia degli adulti coinvolti.

Recenti progressi nei sistemi di RL hanno dimostrato come l'IA possa offrire meccanismi adattivi di decisione in tempo reale, capaci di modificare i percorsi terapeutici in base ai modelli di interazione dei pazienti (Coronato et al., 2020). Molti SG impiegano tecnologie immersive, come la VR, per simulare ambienti realistici, favorendo il riconoscimento e la regolazione delle emozioni attraverso l'interazione con stimoli visivi e sociali dinamici (Zakari et al., 2014). Alcuni studi hanno inoltre evidenziato effetti positivi collaterali su attenzione, funzioni esecutive e linguaggio (Martinez et al., 2021).

Nel campo della comunicazione, l'IA potenzia i sistemi di CAA grazie all'integrazione di funzioni come il testo predittivo, il riconoscimento vocale intelligente e i suggerimenti adattivi del vocabolario (Sethi & Jain, 2024), agevolando l'espressione e la comunicazione nei bambini con competenze verbali limitate (Wang et al., 2022).

È stata condotta una ricerca computerizzata utilizzando il database Scopus per identificare studi sull'integrazione tra SG e IA finalizzati a sostenere lo sviluppo socio-emotivo nei bambini con ASD. La ricerca, limitata alle pubblicazioni in lingua inglese pubblicate tra il 2014 e il 2024, si è concentrata su studi di intervento basati su SG progettati per migliorare le abilità emotive e sociali. Sono stati individuati 6 studi conformi ai criteri di eleggibilità.

Il gioco Zirkus Empathico 2.0 (Hassan et al., 2025), una piattaforma mobile bilingue testata in Germania e Pakistan, ha mostrato un miglioramento significativo della consapevolezza emotiva e dell'empatia nei

bambini con ASD dopo un trial randomizzato di 8 settimane. I partecipanti hanno dimostrato la capacità di applicare le abilità emotive apprese in contesti reali, suggerendo un potenziale di generalizzazione oltre l'ambiente digitale. EMOCASH (El-Sattar, 2023), un gioco multiplayer ambientato in un negozio virtuale 3D, ha combinato educazione finanziaria e riconoscimento delle emozioni, dimostrando un impatto positivo sull'apprendimento sociale. Il gioco JeStiMule (Elhaddadi et al., 2021) ha migliorato il riconoscimento delle espressioni facciali grazie a un sistema di feedback multimodale e a interfacce adattive calibrate in base al livello di funzionamento. La Game-Based Social Interaction Platform (Chien et al., 2023), ha integrato l'eye-tracking per monitorare il coinvolgimento emotivo, mentre Emotion Detectives (Löytömäki et al., 2024) ha mostrato miglioramenti nella regolazione emotiva e nella comprensione sociale, mantenuti anche dopo un mese di follow-up. Infine, lo studio (Baldassarri et al., 2021) ha introdotto sensori fisiologici per rilevare gli stati emotivi, aprendo la strada a giochi sensibili alle emozioni.

Dal punto di vista progettuale, la letteratura sottolinea l'importanza del co-design con bambini e stakeholder, per garantire interventi realmente accessibili e pertinenti (Garcia-Garcia et al., 2022). Le interfacce tangibili e multisensoriali si sono rivelate efficaci nel mantenere l'attenzione e favorire la comprensione emotiva. Tuttavia, il campo presenta ancora criticità legate a campioni ridotti, follow-up brevi e limitata validazione clinica. Inoltre, la maggior parte dei giochi è rivolta a bambini ad alto funzionamento, indicando la necessità di design più inclusivi e adattivi.

Nel complesso, l'integrazione dell'IA nei SG offre un approccio promettente per sviluppare interventi personalizzati, coinvolgenti e fondati su evidenze, capaci di adattarsi ai diversi profili cognitivi e sensoriali dei bambini con ASD. Sebbene la letteratura sia ancora in una fase iniziale, emergono benefici concreti in termini di riconoscimento delle emozioni, regolazione comportamentale e motivazione.

Studi su ambienti tridimensionali e feedback interattivo (Quirantes-Gutierrez et al., 2025) suggeriscono che grafica immersiva e risposta

sensoriale possono fungere da scaffolding attentivo ed emotivo, facilitando un'elaborazione più profonda delle emozioni — un'ipotesi che richiede ulteriori verifiche in campioni clinici.

Le capacità adattive dei SG, potenziate dall'IA, rappresentano un punto di forza centrale: giochi come JeStiMule (Elhaddadi et al., 2021) e Emotion Detectives (Löytömäki et al., 2024) integrano meccanismi di feedback dinamico che regolano la difficoltà in tempo reale e rinforzano positivamente le risposte corrette, garantendo un apprendimento personalizzato. Queste funzioni risultano particolarmente efficaci nel rispondere all'eterogeneità cognitiva ed emotiva dei bambini con ASD.

La personalizzazione emerge dunque come elemento decisivo per il successo degli interventi: adattare ritmo, contenuti e modalità di rinforzo alle caratteristiche individuali permette di ottenere progressi più stabili e trasferibili alla vita quotidiana.

Nel suo insieme, questa revisione contribuisce a consolidare il legame tra IA e intervento psicoeducativo, mostrando come l'unione tra algoritmi adattivi e dinamiche ludiche possa promuovere la comprensione e la regolazione emotiva nei bambini con ASD. Pur persistendo limiti metodologici, le evidenze attuali indicano che l'integrazione tra IA, interattività e ambienti immersivi rappresenta un passo concreto verso pratiche educative più inclusive e personalizzate.

Nel suo insieme, questa revisione contribuisce a consolidare il legame tra IA e intervento psicoeducativo, offrendo una lettura più profonda e multidimensionale delle potenzialità dei SG intelligenti. Le innovazioni introdotte—sul piano metodologico, teorico, applicativo ed ecologico—rafforzano l'idea che la combinazione tra algoritmi adattivi e dinamiche ludiche rappresenti un passo concreto verso pratiche educative più inclusive, personalizzate e scientificamente fondate.

4.6 Revisione sistematica sugli interventi con SG e RE per la performance accademica nei NDD

L'obiettivo principale del lavoro è fornire una sintesi rigorosa, aggiornata dello stato della ricerca sull'impiego dei SG e della RE per sostenere la performance accademica di bambini e adolescenti con NDD.

La Revisione in corso di pubblicazione nasce dall'esigenza di integrare e sistematizzare i risultati della letteratura, offrendo una prospettiva che coniughi le potenzialità dei SG, orientati prevalentemente alla gamification dei processi di apprendimento, con quelle della RE, centrata sull'interazione embodied e sul feedback immediato (Martínez-Pernía et al., 2025).

Questa revisione sistematica apporta un contributo originale alla letteratura in tre direzioni principali. In primo luogo, integra per la prima volta in modo sistematico le evidenze relative a SG e RE all'interno di un unico quadro teorico e applicativo, evidenziando come i due approcci possano convergere nel sostenere la performance accademica nei NDD. Inoltre, propone una lettura interdisciplinare che connette i risultati empirici con le implicazioni educative, cliniche e progettuali, delineando un modello capace di orientare interventi futuri più personalizzati ed ecologicamente validi. Infine, individua i principali gap metodologici e concettuali, offrendo una base chiara per la progettazione di ricerche più robuste e inclusive. Un ulteriore elemento di originalità riguarda la scelta di estendere l'analisi non solo agli esiti accademici primari, ma anche a una serie di indicatori secondari spesso trascurati, come la partecipazione, l'aderenza ai compiti e il coinvolgimento delle famiglie. Questa prospettiva più ampia permette di comprendere meglio come SG e RE influenzino il funzionamento quotidiano degli studenti e la sostenibilità degli interventi nel tempo.

Inoltre, la revisione introduce una lettura trasversale delle tecnologie adottate, mettendo per la prima volta in relazione diretta le caratteristiche di design (ad esempio personalizzazione, embodied interaction, feedback multimodale) con gli esiti educativi osservati. Questa correlazione, raramente esplicitata nelle revisioni precedenti, offre una base più solida

per orientare lo sviluppo di interventi realmente basati sull'evidenza. Un ulteriore contributo innovativo consiste nell'aver classificato i 36 studi non solo per dominio accademico o tipo di tecnologia, ma anche per livello di complessità del bisogno educativo, creando una mappa chiara che distingue gli interventi efficaci per studenti con profili più compromessi (es. DI severa) da quelli rivolti a studenti con bisogni più lievi. Tale distinzione risulta particolarmente utile per docenti e clinici che necessitano di orientamenti realistici e contestualizzati.

Il lavoro è stato condotto seguendo i criteri PRISMA 2020 (Page et al., 2021) e le fasi della Revisione sono state articolate in modo sequenziale: definizione delle domande di ricerca, selezione degli studi, estrazione e sintesi dei dati.

Il protocollo metodologico si è ispirato al framework PICO, adattato all'ambito educativo e clinico (Feldner & Dutka, 2024). La popolazione target era costituita da bambini e adolescenti tra i 6 e i 18 anni, con diagnosi di NDD, inclusi ASD, ADHD, DI e DSA (Pontikas et al., 2022). Gli interventi analizzati includevano SG e RE, utilizzati singolarmente o in combinazione, in contesti scolastici, clinici o domiciliari (Cervantes et al., 2023).

La ricerca è stata condotta su tre database principali — Scopus, PubMed e Web of Science — includendo articoli pubblicati fino a luglio 2025. Sono state impiegate parole chiave in linguaggio libero per ampliare la sensibilità della ricerca, tra cui: “serious games”, “educational games”, “robotics”, “robot-assisted learning”, “autism”, “neurodevelopmental disorders”, “intellectual disability” e “academic performance”. Sono stati inclusi solo articoli peer-reviewed in lingua inglese. Il corpus finale comprende 36 studi pubblicati tra il 2015 e il 2025, evidenziando un crescente interesse scientifico verso l'uso dei SG e della RE a supporto dell'apprendimento nei bambini e adolescenti con NDD.

Nel complesso, i 36 studi analizzati mostrano un ampio ventaglio di approcci che spaziano da SG mirati a specifiche abilità cognitive a sistemi robotici applicati in contesti terapeutici strutturati, ispirati a modelli

educativi come il TEACCH (Abou-Hatab et al., 2013), ampiamente applicato nei programmi per l'ASD. Sebbene le evidenze non siano ancora del tutto conclusive, i risultati suggeriscono che SG e RE possano contribuire al miglioramento delle competenze accademiche, della motivazione e della partecipazione, promuovendo percorsi di apprendimento inclusivo, personalizzato e basato sull'evidenza.

Tra gli approcci emergenti, quelli ibridi che combinano SG e RE sembrano offrire i risultati più promettenti. Ulteriori studi (Graham et al., 2022; Panceri et al., 2021; Salhi et al., 2022) hanno mostrato che l'integrazione tra dinamiche di gioco e interazione fisica con robot sociali può favorire simultaneamente lo sviluppo di competenze cognitive, socio-emotive e relazionali, con ricadute positive anche sul carico familiare.

Un aspetto che emerge con forza dall'analisi è che gli studi più recenti si stanno progressivamente orientando verso interventi "ecologicamente integrati", progettati per essere utilizzati senza stravolgere l'organizzazione della classe o dei setting clinici. Questa tendenza rappresenta una novità rilevante, poiché colma il divario tra efficacia sperimentale e applicabilità reale, tradizionalmente molto ampio nel campo delle tecnologie educative per i NDD.

In ambito educativo, l'impiego di SG e RE fornisce ai docenti strumenti concreti per personalizzare l'insegnamento. La diffusione di kit robotici open-source e piattaforme digitali accessibili ha permesso l'adozione di tali tecnologie anche in scuole con risorse limitate (Arellano et al., 2018). In ambito clinico, le stesse tecnologie sono state impiegate per integrare i percorsi riabilitativi tradizionali, offrendo contesti motivanti e regolati in cui esercitare abilità cognitive e socio-comunicative (Desideri et al., 2018; Ercolano et al., 2024).

Dal punto di vista del design degli interventi, gli studi più efficaci presentano alcune caratteristiche comuni: l'uso di interfacce accessibili e chiare, la possibilità di modulare la difficoltà in base alla risposta dell'utente e la presenza di feedback immediati e multimodali. In uno studio (Toki et

al., 2023) hanno, ad esempio, sviluppato un sistema intelligente che adatta le attività in tempo reale, monitorando attenzione e risposta emotiva del bambino tramite algoritmi di machine learning.

Una novità metodologica che caratterizza diversi studi riguarda l'uso crescente di metriche digitali (game analytics, sensori integrati, machine learning) come strumenti di valutazione continua dell'apprendimento. Questa integrazione tra componente educativa e monitoraggio automatizzato costituisce un ulteriore passo avanti verso interventi più adattivi e basati su dati oggettivi.

Le differenze nei disegni di ricerca, nei campioni e nelle misure di esito rendono difficile la comparabilità tra studi (Boendermaker et al., 2017; Mittmann et al., 2024). Le indagini longitudinali sono ancora rare e mancano spesso follow-up strutturati per valutare la stabilità degli apprendimenti. Inoltre, il coinvolgimento dei caregiver, pur frequentemente citato, è raramente misurato con strumenti validati (Panceri et al., 2021; Salhi et al., 2022).

Un ambito ancora poco esplorato riguarda gli esiti familiari. Alcuni studi hanno raccolto osservazioni dai genitori, riportando livelli più alti di soddisfazione, riduzione dello stress e maggiore percezione di autonomia nei figli (Graham et al., 2022; Salhi et al., 2022). Tuttavia, queste informazioni sono spesso raccolte in modo aneddotico o tramite strumenti non validati. Solo pochi lavori hanno indagato sistematicamente il benessere dei caregiver, la qualità della vita familiare o l'impatto sulla relazione genitore-figlio. Gli interventi ibridi SG-RE sembrano particolarmente promettenti da questo punto di vista (Panceri et al., 2021), poiché combinano coinvolgimento attivo del bambino e prevedibilità dell'interazione, riducendo la necessità di mediazione costante da parte dell'adulto.

La revisione evidenzia anche come gli studi più innovativi inizino a considerare la famiglia non solo come osservatore, ma come parte attiva del processo educativo e terapeutico. Questa prospettiva, ancora poco

sviluppata, rappresenta una delle novità più rilevanti: l'uso di SG e RE non viene più concepito come un intervento isolato, ma come un supporto che coinvolge l'intero ecosistema di vita del bambino, con potenziali ricadute positive sulla qualità della vita familiare.

Nel complesso, queste evidenze sottolineano la necessità di rafforzare la qualità metodologica della ricerca futura. Sarà fondamentale sviluppare studi longitudinali, condotti in contesti naturali e con protocolli standardizzati, integrando il contributo di ricercatori, insegnanti e clinici per aumentare la validità ecologica e l'usabilità degli strumenti.

Nel complesso, la revisione non si limita a riassumere la letteratura esistente, ma propone una cornice interpretativa aggiornata che integra dimensione tecnologica, pedagogica e familiare. Questo approccio multilivello rappresenta uno dei contributi principali del lavoro, perché consente di comprendere come SG e RE possano sostenere l'apprendimento in modo realmente personalizzato e sostenibile, superando la tradizionale separazione tra setting educativo e clinico.

In prospettiva, appare essenziale promuovere ricerche co-progettate, ecologicamente valide e sostenibili, capaci di integrare SG e RE nei contesti educativi e riabilitativi reali, per favorire interventi personalizzati e scientificamente fondati. I risultati di questa revisione costituiscono la base teorica e metodologica per la progettazione dello studio pilota descritto nel Capitolo 5.

4.7 Promuovere l'apprendimento matematico nei bambini e adolescenti con ASD attraverso SG e RE

Per molti studenti con ASD, la matematica rappresenta un'area critica a causa di difficoltà nelle FE, come la pianificazione, l'inibizione e la memoria di lavoro, oltre che nella flessibilità cognitiva e nella gestione dell'ansia da prestazione (Brignell et al., 2018). Queste difficoltà possono compromettere la comprensione dei concetti astratti e la capacità di risolvere problemi complessi.

In questo scenario, SG e RE si configurano come strumenti potenzialmente efficaci per rendere l'apprendimento matematico più concreto, motivante e accessibile. Entrambi gli approcci riflettono una prospettiva neurodiversity-oriented, che valorizza i punti di forza cognitivi degli studenti con ASD e promuove modalità di apprendimento coerenti con i loro stili cognitivi e sensoriali (Gizzonio et al., 2014).

Lo studio in corso di pubblicazione riunisce per la prima volta in modo sistematico le evidenze sull'uso combinato di SG e RE nella didattica della matematica, mostrando come la loro sinergia possa potenziare il ragionamento logico, le abilità numeriche e le funzioni esecutive, aree spesso fragili ma anche ricche di potenzialità nei bambini con ASD. Questo approccio si discosta dai modelli deficitari tradizionali, adottando una visione centrata sull'adattamento e sulla valorizzazione dei punti di forza cognitivi e sistematici, contribuendo così a delineare un modello educativo più inclusivo e rispettoso delle differenze individuali.

Una prima novità introdotta da questa ricerca consiste nell'aver ricostruito in modo chiaro e comparativo come SG e RE abbiano agito sulle diverse componenti del pensiero matematico — dalla sequenzialità alle operazioni logiche, fino alla rappresentazione spaziale — mettendo in luce pattern di miglioramento che nelle rassegne precedenti risultavano frammentati o non collegati tra loro. Questa lettura integrata evidenzia un'evoluzione nel modo in cui tali tecnologie vengono progettate per rispondere ai bisogni educativi degli studenti con ASD.

Lo studio evidenzia la necessità di ampliare la base empirica con studi longitudinali e di promuovere approcci co-progettati che integrino SG e RE nei curricula scolastici in modo strutturale e inclusivo.

È stata condotta una mini review di tipo narrativo e integrativo, basata sulle banche dati Scopus, PubMed e Web of Science (WOS), esplorate utilizzando le parole chiave “serious games”, “robotics”, “autism” e “mathematics”. Dalla ricerca iniziale sono stati individuati 447 record totali, ma solo 5 studi hanno soddisfatto pienamente i criteri di inclusione. Tale numero conferma che il campo di ricerca sull’uso di SG e RE per l’apprendimento matematico nei bambini con ASD è ancora emergente e in via di consolidamento.

Gli studi analizzati mostrano risultati incoraggianti. Nel primo studio (Hutchison et al., 2024) hanno dimostrato che un programma extracurricolare di coding e robotica basato su dispositivi come Sphero, Ozobot e LEGO Spike può favorire l’impegno, la collaborazione e la riduzione dei comportamenti disfunzionali. Gli autori del secondo studio (Gkiolnta et al., 2023), utilizzando il robot Codey Rocky in contesto scolastico, hanno osservato un miglioramento delle abilità di problem solving e dell’interazione sociale.

Nel progetto RAISE (Hughes et al., 2022), l’integrazione di un robot fisico (Dash™) con un agente virtuale (Zoobee™) ha potenziato il pensiero algoritmico e la flessibilità cognitiva in un contesto didattico ispirato ai principi dell’Universal Design for Learning (UDL). Gli autori del quarto studio (Arshad et al., 2020) hanno utilizzato LEGO Mindstorms EV3 per insegnare concetti di valore posizionale, registrando miglioramenti significativi nella performance cognitiva e nell’attenzione. Al contrario, nel quinto studio (Ishaq et al., 2020) hanno evidenziato che l’assenza di elementi ludici e di feedback adattivo riduce l’efficacia dell’apprendimento, confermando il ruolo centrale della gamification. Nel complesso, questi studi evidenziano come l’uso integrato di SG e RE renda la matematica più concreta e motivante, potenziando funzioni esecutive, attenzione e problem solving.

Lo studio mostra che SG e RE possono trasformare l'apprendimento matematico da esperienza astratta a processo dinamico e multisensoriale (Vallefuoco et al., 2022). Attraverso la logica dell'azione e della manipolazione, gli studenti con ASD possono comprendere concetti complessi, consolidare le FE e migliorare l'attenzione e la memoria di lavoro.

Le evidenze raccolte confermano che SG e RE rappresentano mediatori potenti tra l'esperienza concreta e il pensiero astratto, favorendo un apprendimento matematico significativo e motivante (Arshad et al., 2020; Gkiolnta et al., 2023; Hughes et al., 2022). Tuttavia, la letteratura è ancora limitata e richiede studi longitudinali con campioni più ampi e protocolli standardizzati.

Dal punto di vista pedagogico, è essenziale investire nella formazione degli insegnanti e promuovere approcci di co-design che coinvolgano docenti, studenti e famiglie nella costruzione dei contenuti didattici (Iuculano et al., 2015). Inoltre, le politiche educative dovrebbero riconoscere il valore di SG e RE come componenti strutturali di una didattica inclusiva e personalizzata, e non come strumenti accessori o sperimentali (Zakari et al., 2014).

Nel complesso, SG e RE emergono come strumenti trasformativi per l'apprendimento matematico nei bambini e adolescenti con ASD, poiché integrano dimensioni cognitive, corporee ed emotive in un'unica esperienza educativa. Queste tecnologie non solo migliorano le competenze numeriche e logiche, ma promuovono anche autostima, curiosità e partecipazione attiva, favorendo una visione dell'apprendimento centrata sulla valorizzazione della neurodiversità (Pellicano & Den Houting, 2022).

Un ulteriore contributo innovativo di questa revisione riguarda l'aver evidenziato come SG e RE non agiscano solo come strumenti didattici, ma come veri e propri mediatori tra ciò che lo studente percepisce, ciò che elabora e ciò che restituisce durante l'attività matematica. Questa prospettiva permette di comprendere meglio il modo in cui l'esperienza

corporea, l'interazione digitale e il feedback immediato contribuiscano alla costruzione dei concetti numerici, colmando un vuoto interpretativo finora poco esplorato nella letteratura.

La sfida futura consiste nel trasferire queste pratiche dalla ricerca alla scuola, costruendo modelli sostenibili e validati scientificamente (Bettencourt et al., 2024). Se progettati e utilizzati in modo etico, inclusivo e sostenibile, SG e RE possono trasformare la matematica da disciplina percepita come difficile in spazio di empowerment, creatività e scoperta condivisa, contribuendo alla costruzione di un ambiente educativo realmente equo e partecipativo (Holmes, 2011).

Questa revisione contribuisce non solo a riordinare un campo ancora frammentato, ma soprattutto ad avanzare una lettura nuova e più articolata dell'apprendimento matematico nei bambini con ASD, interpretato come un intreccio dinamico di cognizione, emozione e corporeità. Tale cornice, introdotta per la prima volta in modo esplicito in questo lavoro, offre una base teorica più solida per guidare la ricerca e la progettazione futura di interventi innovativi, sostenibili e realmente inclusivi.

4.8 Considerazioni Conclusive

I contributi scientifici presentati in questo capitolo testimoniano un percorso di ricerca articolato e coerente, sviluppato nel corso del dottorato attraverso una progressiva integrazione tra approfondimento teorico, analisi sistematica della letteratura e sviluppo di modelli applicativi basati su SG e RE per i NDD.

L'insieme dei lavori descritti riflette una traiettoria di crescita che, a partire da una fase iniziale di esplorazione concettuale, ha portato alla definizione di un quadro teorico solido e di una metodologia di ricerca fondata sull'uso combinato di tecnologie educative e approcci evidence-based.

Le prime pubblicazioni hanno avuto carattere ricognitivo, con l'obiettivo di delineare lo stato dell'arte sugli impieghi educativi e riabilitativi dei SG nei NDD. Attraverso scoping e narrative review, è stato possibile individuare le aree cognitive e socio-emotive maggiormente coinvolte, le strategie di gioco più efficaci e le principali lacune metodologiche presenti nella letteratura. Questa fase ha contribuito a chiarire come i SG, se progettati in un'ottica di game-based learning, possano favorire engagement, motivazione intrinseca e autoregolazione, rappresentando strumenti di inclusione e potenziamento cognitivo nei contesti educativi speciali.

In una fase successiva, la riflessione si è estesa all'integrazione tra SG e IA, con l'intento di esplorare come agenti intelligenti e sistemi adattivi possano sostenere lo sviluppo delle competenze socio-emotive nei bambini con ASD. Le ricerche di questa parte del percorso hanno messo in evidenza il valore dell'IA nel rendere i SG sensibili ai bisogni individuali, capaci di modulare la difficoltà e fornire feedback personalizzati in base alle caratteristiche cognitive ed emotive dell'utente.

In particolare, l'impiego di affective computing e modelli predittivi ha mostrato come le tecnologie intelligenti possano migliorare la responsività sociale, la comunicazione e la regolazione emotiva, promuovendo una

prospettiva neurodiversity-oriented che valorizza le differenze individuali piuttosto che normalizzarle.

La maturazione del percorso ha portato alla realizzazione di una revisione sistematica condotta secondo le linee guida PRISMA 2020 e registrata su OSF, dedicata all'analisi dell'impatto congiunto di SG e RE sulla performance accademica di bambini e adolescenti con NDD. L'analisi ha messo in luce anche alcune criticità ricorrenti — come la scarsa omogeneità dei disegni sperimentali, la limitata numerosità dei campioni e la mancanza di follow-up a lungo termine — che riducono la generalizzabilità dei risultati.

Queste considerazioni hanno fornito la base per l'elaborazione di un protocollo sperimentale più robusto, che costituisce il nucleo dello studio pilota descritto nel Capitolo 5.

Nel complesso, i lavori presentati in questo capitolo delineano un'evoluzione metodologica e concettuale che attraversa l'intero percorso di dottorato. Da un approccio inizialmente teorico e descrittivo, si giunge a una prospettiva integrata in cui SG, RE e IA vengono concepiti come strumenti complementari per promuovere apprendimenti significativi, sviluppo socio-emotivo e partecipazione attiva nei NDD.

Questa visione si fonda su un modello educativo inclusivo e orientato all'empowerment, che mira alla valorizzazione delle potenzialità individuali, in linea con le più recenti tendenze della ricerca internazionale sulle tecnologie assistive e inclusive. I risultati emersi contribuiscono a rafforzare il dibattito scientifico sull'impiego delle tecnologie digitali come strumenti di apprendimento e abilitazione nei NDD, sottolineando la necessità di approcci multidisciplinari e di protocolli validati in contesti ecologicamente significativi.

Le evidenze raccolte rappresentano dunque un passaggio cruciale verso la sperimentazione applicativa del modello SG–RE, che costituisce lo sviluppo naturale del presente lavoro e trova piena realizzazione nello studio pilota del Capitolo 5.

Capitolo 5 – Serious Games per promuovere le competenze aritmetiche e le abilità sociali negli alunni con Disturbi del Neurosviluppo

La discalculia è un disturbo del neurosviluppo caratterizzato da difficoltà marcate e persistenti nella cognizione numerica, nel ragionamento aritmetico e nella risoluzione di problemi matematici, in assenza di una compromissione intellettiva generale o di una scolarizzazione inadeguata (McCloskey & Rapp, 2017). Gli studenti con discalculia possono faticare a riconoscere quantità, a comprendere relazioni di grandezza tra numeri, a ricordare fatti aritmetici di base e ad applicare procedure matematiche anche semplici in modo fluido (Decarli et al., 2023). Queste difficoltà non rimangono confinate al contesto scolastico: si estendono alla vita quotidiana, come la gestione del denaro, la lettura dell'orologio, la stima delle misure, la pianificazione dei tempi, e possono influire sull'autonomia personale, sulla fiducia in sé e sulle prospettive educative e professionali future (Wang'ang'a, 2023).

A questo quadro cognitivo si associano spesso componenti emotive significative. Gli studenti con discalculia sperimentano frequentemente ansia per la matematica e frustrazione legata al fallimento ripetuto, e tendono a sviluppare strategie di evitamento nei confronti dei compiti numerici (Rubinsten & Tannock, 2010; Wakeman et al., 2023). Questo crea un circolo vizioso: l'ansia favorisce l'evitamento, l'evitamento riduce l'esercizio, la riduzione dell'esercizio peggiora le competenze, e così la difficoltà scolastica si consolida nel tempo (Rulyansah, 2023). Per questo motivo è necessario pensare a interventi che non siano soltanto esercitativi, ma anche motivazionali ed emotivamente sostenibili.

Sul piano neurocognitivo, la letteratura individua alterazioni funzionali a carico del solco intraparietale, un'area coinvolta nella rappresentazione e manipolazione delle quantità numeriche (Molko et al., 2003). Inoltre, processi come la memoria di lavoro e le funzioni esecutive risultano cruciali nella risoluzione dei problemi matematici, perché lo studente deve

mantenere attivi più passaggi, inibire risposte impulsive scorrette e pianificare una sequenza di operazioni (Kwok et al., 2023). Questo ha portato allo sviluppo di diversi modelli teorici.

La Defective Number Module Hypothesis sostiene che la discalculia derivi da un deficit di base nel sistema innato di stima delle quantità, cioè nella capacità di percepire e confrontare le numerosità senza contare (Bugden & Ansari, 2016).

Il Triple-Code Model descrive la cognizione numerica come distribuita su tre codici: il codice verbale (le parole “tre”, “sette”), il codice visuale/arabo (le cifre “3”, “7”) e il codice analogico di quantità (la rappresentazione mentale della grandezza). Una difficoltà nel collegare questi codici può sostenere la discalculia (Dehaene, 1992).

La Working Memory Deficit Hypothesis evidenzia che, nei problemi aritmetici in più passaggi, il limite principale può essere la memoria di lavoro, più che la comprensione del concetto: lo studente “perde il filo” del ragionamento, si blocca e commette errori (Swanson et al., 2008).

Alla luce di questi modelli, gli interventi tradizionali puramente basati su esercizi ripetuti non sempre risultano efficaci o tollerabili per gli studenti con discalculia. Per questo motivo è aumentato l'interesse verso approcci più coinvolgenti, come la RE e il game-based learning (Bi et al., 2021; Mohd Syah et al., 2016; Shi, 2022; Stewart et al., 2021). La RE utilizza piccoli robot programmabili per rappresentare in modo concreto ciò che in matematica resta spesso astratto (Stewart et al., 2021). Il game-based learning inserisce i contenuti matematici dentro attività strutturate come gioco, con feedback immediato, rinforzi positivi e progressione graduata della difficoltà (Bi et al., 2021; Shi, 2022). Entrambi gli approcci mirano a ridurre l'ansia, aumentare la motivazione e sostenere la perseveranza nello svolgimento di compiti numerici (Brockmyer et al., 2009).

Lo studio pilota presentato in questo lavoro nasce con due obiettivi principali: (1) valutare se l'uso combinato di RE e attività di tipo game-based possa aumentare la motivazione e il coinvolgimento degli studenti nelle

attività di matematica; (2) verificare se questo approccio produca miglioramenti nelle abilità matematiche di base (calcolo, ragionamento numerico, problem solving), in particolare negli studenti con bisogni educativi speciali e discalculia (Anwar et al., 2019; Di Lieto et al., 2020; Long & Bouck, 2023).

5.1 Metodo

5.1.1 Partecipanti e contesto

Il campione era composto da 73 studenti (10–13 anni) di tre classi di una scuola secondaria di primo grado italiana. Le classi erano eterogenee e includevano alunni a sviluppo tipico, studenti con bisogni educativi speciali (BES), studenti con DSA, studenti con lieve compromissione cognitiva, studenti nello spettro autistico ad alto funzionamento e studenti con diagnosi formale di discalculia. In particolare, nella prima classe (26 studenti) erano presenti uno studente con ASD ad alto funzionamento, due con DSA, uno con BES (quadro borderline tra funzionamento intellettivo nella norma e lieve compromissione) e uno studente con discalculia; nella seconda classe (25 studenti) erano presenti uno studente con lieve disabilità intellettiva, due con BES (QI borderline), quattro con DSA (uno con severità maggiore) e due studenti con discalculia; nella terza classe (22 studenti) erano presenti due studenti con lieve disabilità intellettiva (uno anche con mutismo selettivo), due con DSA e due con discalculia. Questa eterogeneità rispecchia una classe inclusiva reale: gli studenti con profili diversi sono integrati e seguiti da insegnanti curricolari e docenti di sostegno, non separati in classi speciali. Tutti seguivano il normale curriculum ministeriale di matematica (aritmetica, geometria, algebra di base). Gli insegnanti del gruppo sperimentale hanno ricevuto due sessioni di formazione preliminare (2 ore ciascuna) sull'uso di SAM Labs (una piattaforma educativa) e Ozobot (un robot miniaturizzato). L'intervento è stato autorizzato da un comitato etico locale; genitori e scuole hanno fornito il consenso informato e hanno ritenuto il programma desiderabile dal punto di vista educativo e riabilitativo.

5.1.2 Fasi del protocollo

Le classi sono state distribuite in modo bilanciato tra i due gruppi, per mantenere comparabilità in termini di età e profilo cognitivo. Entrambi i gruppi hanno lavorato sugli stessi contenuti curricolari e per lo stesso periodo di tempo. Sono state poi confrontate le prestazioni pre/post, la velocità di apprendimento, la motivazione e il mantenimento nel tempo.

Il protocollo è stato articolato in fasi:

1. Prima Baseline: valutazione iniziale delle abilità numeriche, del problem solving matematico e della motivazione/ansia. Nessun supporto tecnologico, per avere una linea di partenza.
2. Primo Intervento: introduzione della RE e del game-based learning per il gruppo sperimentale; osservazione sistematica delle interazioni con la tecnologia e delle variazioni nella prestazione. Il gruppo tradizionale ha seguito parallelamente una didattica standard senza l'utilizzo della RE.
3. Seconda Baseline: nuova valutazione dopo la prima fase per verificare se i miglioramenti osservati si mantenevano anche senza supporto immediato.
4. Secondo Intervento: incremento della complessità dei compiti (problemi multi-step con elementi di vita reale, come pianificare un budget, calcolare distanze e tempi) e maggiore autonomia nell'uso della tecnologia; compaiono anche elementi adattivi, cioè la difficoltà veniva modulata in base alla prestazione dello studente.
5. Terzo Intervento: enfasi sulla generalizzazione delle abilità apprese in contesti quotidiani e trasversali (gestione del denaro, interpretazione di dati, misure pratiche), valutazione del mantenimento nel tempo tramite follow-up a distanza di settimane, e raccolta di feedback qualitativi di studenti, insegnanti e famiglie su usabilità, carico percepito e trasferibilità delle abilità.

Questa modalità d'intervento ha permesso di osservare gli effetti immediati dell'intervento e di raccogliere indicazioni preliminari sulla

possibile stabilità e trasferibilità degli apprendimenti, oltre alla fattibilità dell'intervento in un contesto scolastico ordinario.

5.1.3 Materiali e procedure

Le attività didattiche sono state progettate sulla base dell'evidenza esistente sugli interventi per la discalculia (Kucian et al., 2011). I contenuti includevano riconoscimento numerico, operazioni aritmetiche di base, fattorizzazione e problemi matematici legati alla vita quotidiana. L'idea era articolare compiti con difficoltà progressiva per osservare se e come l'intervento tecnologico influenzasse abilità numeriche e processi cognitivi sottostanti. Le attività erano quindi al tempo stesso scolastiche e quindi coerenti con il programma e funzionali, ovvero collegate a situazioni concrete.

L'intervento ha integrato RE e game-based learning, combinando momenti guidati dall'insegnante e momenti esplorativi. Sono stati usati in particolare:

- **Ozobot EVO**, un robot miniaturizzato (circa 3 cm) che segue percorsi fisici o digitali e riconosce istruzioni codificate tramite sequenze di colori. I colori corrispondono ad azioni (“vai avanti”, “gira”, “risolvi il calcolo”, “verifica la risposta”) e quindi mappano passaggi logico-matematici.
- **SAM Labs**, una piattaforma educativa composta da blocchi hardware modulari (sensori, motori, luci) connessi via Bluetooth e programmabili con un'interfaccia drag-and-drop. SAM Labs permette di costruire piccole “macchine logiche” e di visualizzare la sequenza di ragionamento che porta alla soluzione.

Queste tecnologie hanno due funzioni principali: rendere la matematica fisica e osservabile (il robot “esegue” i passaggi di calcolo o di ragionamento geometrico) e fornire un feedback immediato, multimodale (visivo, uditivo, talvolta tattile). Se lo studente sbaglia un passaggio, il robot non riesce a proseguire correttamente. L'errore diventa un punto preciso nel percorso, visibile e discutibile, invece di essere solo una X rossa sul quaderno. Durante

le sessioni gli insegnanti e i ricercatori monitoravano in tempo reale accuratezza, tempi di risposta, strategie di correzione, livello di partecipazione e collaborazione tra pari. Gli studenti lavoravano spesso in coppia o in piccoli gruppi, per favorire apprendimento cooperativo, resilienza e regolazione emotiva condivisa (Anwar et al., 2019; Di Lieto et al., 2020; Kert et al., 2022).

5.1.4 Sessioni e raccolta dati

Le sessioni si sono svolte due volte a settimana per dodici settimane, 45 minuti ciascuna, e avevano sempre tre momenti: (1) introduzione dell'attività da parte dell'insegnante; (2) lavoro pratico con robot e piattaforma (fase centrale, spesso cooperativa); (3) discussione finale per consolidare e riflettere sulla strategia usata. La raccolta dati ha incluso:

- test pre- e post-intervento sulle abilità matematiche (accuratezza di calcolo, correttezza procedurale, velocità di elaborazione);
- osservazioni strutturate sul comportamento in classe (coinvolgimento, iniziativa, problem solving collaborativo);
- questionari di autovalutazione di motivazione e ansia matematica;
- interviste strutturate con insegnanti e feedback qualitativi da parte delle famiglie.

Sono state definite variabili dipendenti come: prestazione matematica (accuratezza nel calcolo e corretta applicazione di proprietà e procedure), problem solving (capacità di programmare il robot per risolvere un compito matematico, ad esempio calcolare il perimetro), motivazione/engagement (partecipazione attiva, disponibilità a tentare, interesse dichiarato) ed errori di calcolo (per capire se l'uso della tecnologia riduceva gli errori ricorrenti rispetto alla carta e penna tradizionale).

Oltre agli strumenti robotici, sono stati allestiti compiti matematici graduati. Per la geometria, agli studenti veniva chiesto di disegnare percorsi (per esempio un quadrato, un triangolo) che l'Ozobot doveva seguire. Così

era possibile “vedere” proprietà come angoli retti, lati uguali, perimetro, e correggere eventuali errori di disegno o misura guardando il comportamento del robot.

Per l’aritmetica e l’algebra di base, venivano affrontati:

- proprietà delle potenze (prodotto di potenze, quoziente di potenze, potenza di potenza);
- fattorizzazione in numeri primi;
- calcolo del Massimo Comun Divisore (G.C.D.).

Qui lo studente costruiva un percorso a nodi: ogni nodo corrispondeva a un passaggio di calcolo. Colori diversi indicavano “vai avanti”, “gira”, “esegui l’operazione”, “verifica il risultato”; se il calcolo fosse stato scorretto, il robot “si sarebbe perso”. Questo rendeva trasparente la logica procedurale: la fattorizzazione, o l’individuazione dei fattori comuni per trovare il G.C.D., diventava un percorso fisico che lo studente poteva spiegare e correggere. Queste attività rendevano l’astratto (potenze, fattori primi, divisibilità) qualcosa di visivo e tangibile, utile soprattutto per studenti con DSA, ASD ad alto funzionamento o discalculia.

Il disegno sperimentale ha previsto due condizioni:

- gruppo tradizionale (controllo): matematica insegnata con modalità convenzionali (lezione frontale, esercizi scritti, correzione);
- gruppo robotica (sperimentale): matematica insegnata con attività pratiche basate su RE ed elementi di gamification.

Le tre classi partecipanti sono state distribuite equamente tra le due condizioni sperimentali, mantenendo un numero equivalente di studenti e bilanciando età, livelli matematici di partenza e profili cognitivi, così da garantire la comparabilità dei gruppi e ridurre potenziali bias. Le misure utilizzate per esplorare le dimensioni socio-emotive hanno avuto una finalità descrittiva ed educativa e non configurano una valutazione psicologica o clinica. In particolare, le osservazioni e i questionari sono stati

impiegati per rilevare indicatori comportamentali e percezioni soggettive legate all'esperienza di apprendimento, senza finalità diagnostiche.

5.2 Risultati

I risultati mostrano che l'integrazione tra RE e game-based learning ha avuto un impatto positivo sia sul piano motivazionale sia sul piano delle abilità matematiche.

Per quanto riguarda la motivazione, l'osservazione in classe ha rilevato che nel gruppo robotica circa il 70% degli studenti ha aumentato la partecipazione attiva: questi studenti intervenivano di più, collaboravano con i compagni e cercavano soluzioni insieme. Nei questionari di autovalutazione, nel gruppo tradizionale i livelli di motivazione apparivano distribuiti tra basso, medio e alto, mentre nel gruppo robotica gli studenti riportavano in modo quasi unanime livelli elevati di motivazione, interesse e percezione di utilità dell'attività svolta. Questo suggerisce che la cornice ludico-robotica riduce la distanza emotiva nei confronti della matematica e rende più accettabile esporsi, anche se si teme di sbagliare (Chen, 2019).

Sul piano della prestazione matematica, gli studenti del gruppo robotica hanno mostrato miglioramenti significativamente superiori rispetto al gruppo tradizionale in accuratezza e problem solving. Al post-test, il gruppo robotica ha ottenuto performance medie più alte ($M = 75\%$, $SD = 17.6\%$) rispetto al gruppo tradizionale ($M = 60\%$, $SD = 14.8\%$). Questa differenza è risultata statisticamente significativa ($t(70) = 4.98$, $p < 0.001$) e con un effetto di grandezza elevato (Cohen's $d = 0.91$), indicando che l'effetto non è solo minimo o occasionale, ma sostanziale.

Inoltre, è stata osservata una correlazione negativa tra ansia matematica e motivazione ($r = -0.42$, $p = 0.004$): minore ansia si associa a maggiore motivazione. Questa relazione è risultata particolarmente chiara negli studenti del gruppo robotica, suggerendo che un ambiente pratico, collaborativo e visivo riduce l'ansia legata al "fare matematica davanti agli altri" e sostiene la disponibilità a provare ancora (Coufal, 2022; Fanchamps et al., 2021).

Infine, le misure di follow-up hanno indicato che i miglioramenti osservati nel gruppo robotica tendono a mantenersi nel tempo: a distanza di alcune settimane dalla conclusione dell'intervento, le prestazioni rimangono significativamente migliori rispetto alla baseline ($t(35) = -5.87$, $p < 0.001$). Questo dato suggerisce che l'apprendimento acquisito non è soltanto un effetto immediato di breve durata, ma in parte viene consolidato.

5.3 Discussione

Il maggiore coinvolgimento osservato in questo studio è coerente con risultati precedenti nell'ambito dell'insegnamento supportato dalla robotica, che mostrano come la RE possa favorire una partecipazione più attiva alle attività di apprendimento, in particolare negli studenti con bisogni educativi speciali. In linea con questa evidenza, nel gruppo robotica è stato osservato un aumento marcato della partecipazione, della collaborazione tra pari e della disponibilità a rimanere sul compito durante le attività di matematica.

I risultati suggeriscono che la RE, integrata con attività di tipo game-based, può rappresentare un approccio didattico efficace e inclusivo per studenti con difficoltà in matematica, inclusi quelli con discalculia.

È opportuno distinguere, a questo proposito, tra i risultati empirici emersi dallo studio, che devono essere interpretati come effetti preliminari dell'intervento, e le possibili implicazioni applicative che da essi possono essere ipotizzate, le quali non costituiscono indicazioni operative definitive ma interpretazioni coerenti con il quadro teorico di riferimento.

Dal punto di vista cognitivo, rendere i passaggi matematici “visibili” e fisicamente percorribili da un robot aiuta a trasformare concetti astratti come le potenze, la fattorizzazione in numeri primi, il calcolo del Massimo Comun Divisore in sequenze concrete, osservabili e correggibili. Questo è particolarmente utile per studenti con difficoltà nella memoria di lavoro e nelle funzioni esecutive, perché la procedura non rimane tutta “in testa”, ma viene esternalizzata passo dopo passo lungo il percorso del robot (Taylor et

al., 2021). In altre parole, la tecnologia funziona come supporto alla pianificazione e all'autocontrollo, riducendo il carico cognitivo inutile e permettendo allo studente di concentrarsi sul senso matematico dell'operazione.

Dal punto di vista emotivo e motivazionale, l'ambiente robotico e ludico abbassa l'ansia matematica. L'errore non è più vissuto come un fallimento personale, ma come un punto del percorso che “non fa andare avanti il robot” e che quindi si può aggiustare insieme. Questo rende l'errore meno giudicante e più informativo, favorendo perseveranza e disponibilità a provare ancora. Non sorprende quindi che nel gruppo robotica la motivazione sia globalmente alta e l'ansia più bassa, e che emerga una relazione negativa tra ansia e motivazione ($r = -0.42$, $p = 0.004$). Questa dinamica è coerente con approcci che valorizzano l'autoefficacia e la regolazione emotiva come prerequisiti per l'apprendimento (Chen, 2019).

Un altro elemento centrale è la dimensione sociale e collaborativa. Le attività con robot e SAM Labs sono state spesso svolte in coppie o piccoli gruppi. Questo ha due effetti: da un lato promuove abilità sociali e comunicative (negoziare i passaggi, spiegare il ragionamento, condividere strategie); dall'altro riduce l'isolamento degli studenti con difficoltà, perché tutti lavorano sullo stesso compito e non c'è “l'esercizio speciale per chi è in difficoltà” (Khanlari, 2016; Latip et al., 2020). Questo approccio è coerente con pratiche inclusive nelle quali gli studenti con bisogni educativi speciali, DSA, profili nello spettro autistico ad alto funzionamento o lieve compromissione cognitiva non vengono estratti dalla classe, ma restano partecipanti attivi all'interno del gruppo. Dal punto di vista applicativo, gli insegnanti hanno riportato che la RE offre uno strumento concreto per differenziare la didattica e renderla più dinamica e adattabile alle diverse esigenze presenti in aula (Salas-Pilco, 2020).

Lo studio sottolinea anche il possibile impatto sulla percezione di sé. Gli studenti del gruppo robotica riportano livelli più alti di fiducia (“mi sento capace”, “mi sento motivato”), e gli insegnanti osservano più iniziativa nel problem solving e più disponibilità a ragionare in modo autonomo. Questo

si traduce non solo in un beneficio cognitivo (migliorare il calcolo, la procedura, la risoluzione di problemi), ma anche in un beneficio personale e relazionale: meno evitamento, più partecipazione, più senso di appartenenza al compito matematico. È un aspetto importante soprattutto per studenti che tradizionalmente vivono la matematica come fonte di fallimento e frustrazione (Fanchamps et al., 2021).

Allo stesso tempo, alcuni fattori possono aver contribuito ai risultati e che devono essere considerati con prudenza (Gomes et al., 2022). Per esempio:

- differenze pregresse tra classi e insegnanti (stile didattico, clima di classe, familiarità con la tecnologia);
- differenze individuali nell'uso della tecnologia (alcuni studenti entrano subito nel linguaggio della robotica, altri hanno bisogno di più supporto iniziale);
- possibili effetti legati alla novità: svolgere attività percepite come più "speciali" può aumentare motivazione e impegno anche solo per fattore di interesse ed entusiasmo.

Viene inoltre messo in rilievo che non tutti gli studenti reagiscono allo stesso modo. Alcuni possono incontrare difficoltà motorie o attentive nell'uso dei robot, o sentirsi inizialmente sopraffatti dal dover programmare. Altri possono sperimentare un eccesso di carico se l'interfaccia non è sufficientemente scaffolding nelle prime fasi (Chen et al., 2023). In termini di possibili implicazioni applicative, gli autori suggeriscono che la RE vada pensata come un insieme di strumenti adattabili e graduabili nel tempo, anche grazie a componenti adattive.

È tuttavia opportuno considerare che gli effetti osservati non siano attribuibili esclusivamente all'uso dei SG e della RE, ma anche alle caratteristiche del contesto educativo strutturato in cui l'intervento è stato implementato, inclusi il ruolo attivo dell'insegnante, la dimensione cooperativa delle attività e l'organizzazione guidata delle sessioni.

5.4 Limiti e implicazioni per la ricerca futura

Per valutare l'accettabilità e l'impatto percepito dell'intervento, sono stati raccolti dati qualitativi tramite interviste strutturate a studenti, insegnanti e genitori, con l'obiettivo di ottenere indicazioni preliminari sull'impatto dell'intervento. Le interviste hanno esplorato coinvolgimento emotivo, motivazione e percezione dell'utilità delle tecnologie educative adottate, con particolare attenzione sia ai fattori che facilitavano l'apprendimento sia alle barriere che potevano ridurre l'insegnamento mediato dalla robotica (Su et al., 2023). Gli insegnanti hanno valutato la fattibilità dell'integrazione di questo approccio nel normale curriculum scolastico, mentre i genitori hanno riportato eventuali cambiamenti nella fiducia e nell'atteggiamento dei figli verso la matematica. A queste informazioni qualitative è stato affiancato un questionario su scala Likert che ha misurato soddisfazione, facilità d'uso, utilità percepita e gradimento delle attività di RE, individuando anche aree di miglioramento pratico.

Le ricerche future dovranno ampliare il campione e condurre analisi più approfondite, così da permettere una migliore generalizzazione dei risultati e una comprensione delle differenze individuali di risposta all'intervento (Chatzis et al., 2022). L'aumento della numerosità campionaria servirà a verificare in che misura fattori come età, profilo cognitivo o precedente esposizione alla tecnologia influenzino gli esiti dell'apprendimento basato sulla robotica. Saranno inoltre necessari disegni longitudinali, per valutare la durata dei miglioramenti: se le abilità numeriche acquisite si mantengono nel tempo e se l'atteggiamento positivo verso la matematica persiste anche a distanza. L'obiettivo è sviluppare modelli educativi scalabili e basati sull'evidenza. In linea rispetto a quanto proposto dal revisore, in prospettiva futura e in ottica migliorativa, si potrebbe sviluppare un salto metodologico maggiormente generalizzabile e scalabile.

Accanto a questi aspetti positivi, lo studio riconosce diversi limiti. Il primo limite riguarda la metodologia: la mancanza di assegnazione casuale ai gruppi e il carattere quasi-sperimentale del disegno riducono la forza delle inferenze causali. Differenze tra le classi (stile dell'insegnante,

composizione del gruppo) potrebbero aver influito sui risultati. Allo stesso tempo, il fatto che l'intervento sia stato condotto in contesti scolastici reali e con tutti gli studenti della classe rappresenta un punto di forza dal punto di vista della validità ecologica, perché dimostra la fattibilità in ambienti educativi ordinari.

Un secondo limite riguarda l'equità e l'accessibilità. Non tutti gli studenti possono beneficiare nello stesso modo dell'apprendimento basato sulla robotica: chi presenta difficoltà attentive o motorie può incontrare ostacoli nell'interazione con i robot e nelle attività di programmazione, e differenze nelle competenze digitali di partenza possono incidere sugli esiti dell'intervento. Inoltre, l'accesso ai kit di robotica e la formazione degli insegnanti sono fattori critici per la scalabilità, soprattutto nelle scuole con risorse più limitate. Ciò evidenzia la necessità di garantire un accesso tecnologico equo e un adeguato supporto professionale per i docenti.

Un terzo limite riguarda il possibile effetto delle aspettative ("effetto novità"). Poiché studenti e famiglie sapevano chi partecipava al gruppo sperimentale e chi era nel gruppo di controllo, è plausibile che la novità e l'attrattiva percepita del lavoro con la robotica abbiano aumentato motivazione e coinvolgimento nel gruppo sperimentale, indipendentemente dal valore didattico specifico. Al contrario, chi era nel gruppo di controllo potrebbe aver sperimentato minore motivazione proprio perché escluso dalle attività robotiche. Per affrontare questo rischio, i futuri studi dovranno considerare disegni in cieco o parzialmente in cieco, oppure condizioni di controllo alternative comunque percepite come altrettanto coinvolgenti, così da isolare meglio l'effetto reale del metodo educativo.

Un quarto limite riguarda la dimensione campionaria e il fatto che si tratti di uno studio pilota monocentrico. Essendo stato svolto in una singola scuola, su un numero limitato di classi, parte del miglioramento osservato nelle abilità matematiche e nella motivazione potrebbe essere attribuibile anche all'introduzione di un'attività nuova e percepita come speciale, più che alla RE in sé. La numerosità ridotta e il contesto monocentrico limitano quindi la generalizzabilità delle conclusioni ad altri contesti educativi.

Servono studi più ampi, multisito e preferibilmente randomizzati, per distinguere l'effetto della novità dall'effetto specifico dell'approccio basato sulla robotica e per rafforzare la validità esterna dei risultati.

In questo senso, la generalizzabilità dei risultati deve essere interpretata con cautela. Le evidenze emerse riflettono le caratteristiche specifiche del contesto scolastico coinvolto, del campione e delle modalità di implementazione dell'intervento. Di conseguenza, i risultati non possono essere estesi ad altri contesti educativi, ordini di scuola o profili di studenti con NDD, ma devono essere considerati come indicazioni contestualizzate e preliminari, utili a orientare studi successivi più ampi e controllati.

Va inoltre sottolineato che non tutti gli studenti hanno reagito nello stesso modo all'intervento: alcuni hanno mostrato scarso interesse per le attività robotiche o difficoltà iniziali con la programmazione; alcuni genitori hanno riportato preoccupazioni circa la complessità dei compiti o la quantità di tempo davanti allo schermo. Questo indica che l'integrazione della RE richiede un'istruzione differenziata e una certa flessibilità didattica da parte dell'insegnante. Un'ulteriore criticità per la replicabilità è che, in questo studio pilota, gli insegnanti hanno ricevuto un supporto tecnico e didattico continuo dal team di ricerca. I futuri studi dovranno verificare se risultati analoghi siano raggiungibili anche in condizioni scolastiche ordinarie, senza la presenza costante dei ricercatori e con una formazione docenti standard.

I limiti principali riguardano: la natura quasi-sperimentale del disegno; l'assenza di assegnazione casuale; la numerosità ridotta e l'unico contesto scolastico coinvolto; il possibile effetto di novità e di aspettativa; le differenze individuali nella risposta all'intervento; e la necessità di risorse tecnologiche e formazione docenti per una reale scalabilità. Per questo motivo, le ricerche future dovranno essere più ampie, multicentriche, possibilmente randomizzate e longitudinali, al fine di valutare con maggiore rigore gli effetti degli interventi, la loro stabilità nel tempo e le condizioni di trasferibilità nella pratica scolastica quotidiana.

Un ulteriore limite riguarda la difficoltà di isolare gli effetti specificamente attribuibili ai SG rispetto a quelli derivanti dal contesto educativo strutturato. L'intervento ha infatti integrato elementi di innovazione tecnologica con pratiche didattiche cooperative, scaffolding costante e un'elevata presenza dell'insegnante, fattori che possono aver contribuito in modo indipendente agli esiti osservati. Studi futuri con disegni sperimentali più controllati dovranno distinguere in modo più preciso il contributo specifico della tecnologia rispetto a quello del contesto educativo.

5.5 Considerazioni conclusive

Dal punto di vista conclusivo, lo studio fornisce indicazioni preliminari sul potenziale della RE nel sostenere abilità numeriche, favorire la motivazione e contribuire alla riduzione dell'ansia verso la matematica, inserendosi come possibile supporto alla costruzione di ambienti di apprendimento più inclusivi e coinvolgenti, anche per studenti con difficoltà specifiche come la discalculia (Muñoz et al., 2020). Tuttavia, perché questo approccio diventi realmente parte stabile della didattica, saranno necessari investimenti continui nella formazione degli insegnanti, nelle infrastrutture tecnologiche e nello sviluppo curricolare (Zhong & Xia, 2020). La letteratura che si basa sulla Teoria dell'autodeterminazione suggerisce inoltre che la natura pratica e interattiva della robotica favorisca autonomia, senso di competenza e appartenenza, elementi che a loro volta sostengono motivazione e riducono l'ansia (Dunn et al., 2016).

Infine, le prospettive future includono l'integrazione della RE con tecnologie emergenti come l'IA e i sistemi di apprendimento adattivo, in grado di analizzare la prestazione dello studente in tempo reale, fornire feedback immediato e modulare la difficoltà degli esercizi (Lopez-Caudana et al., 2020). Questo approccio personalizzato appare teoricamente promettente per gli studenti con disturbi dell'apprendimento, perché può offrire un supporto continuo e mirato mantenendo alto l'engagement (Azizi et al., 2022). In questo senso, lo studio pilota rappresenta un primo passo esplorativo e indica la necessità di ulteriori ricerche con campioni più ampi,

diversificati e stratificati, per valutare con maggiore rigore gli effetti degli interventi, la loro stabilità nel tempo e le condizioni di trasferibilità e generalizzabilità nella pratica scolastica quotidiana.

Conclusioni

La presente tesi ha indagato il ruolo degli SG e della RE nel sostenere lo sviluppo accademico, cognitivo e socio-emotivo di bambini e adolescenti con NDD, evidenziando come l'integrazione di questi strumenti possa rappresentare una strategia promettente per promuovere l'apprendimento inclusivo. Attraverso la combinazione di una Revisione Sistemica di 36 studi empirici e di uno studio sperimentale condotto in contesto scolastico, è stato possibile presentare sia una panoramica aggiornata delle evidenze disponibili, sia una valutazione diretta della fattibilità e validità ecologica degli interventi SG-RE. Questi risultati si inseriscono nel più ampio filone di ricerca sull'integrazione di IA e principi di RL nei contesti educativi, già esplorato in studi precedenti (Curcio et al., 2025; Stasolla et al., 2023).

Accanto ai risultati empirici emersi, la presente tesi consente di delineare alcune possibili implicazioni applicative per i contesti educativi, che devono essere interpretate come ipotesi orientative e non come raccomandazioni operative definitive. Il lavoro ha mostrato che SG e RE vengono sempre più utilizzati per potenziare abilità scolastiche e cognitive in studenti con ASD, ADHD, DI e DSA, affrontando aree che spaziano dal calcolo aritmetico alla lettura funzionale, fino ai processi di attenzione, memoria di lavoro e controllo inibitori. Le ricerche analizzate suggeriscono che l'uso di SG sia associato ad un maggiore coinvolgimento, la motivazione e la persistenza nel compito, aspetti spesso compromessi nei NDD (Amro et al., 2021). Parallelamente, la RE è stata associata a un maggiore coinvolgimento sociale, facilitando l'imitazione, la collaborazione e la comunicazione. Tali evidenze risultano coerenti con quanto emerso in altre revisioni condotte sul tema (Curcio et al., 2025; Stasolla et al., 2025), che confermano il potenziale dei SG e della realtà immersiva per lo sviluppo socio-emotivo nei disturbi del neurosviluppo.

Un risultato particolarmente rilevante emerso dalla Revisione riguarda gli interventi ibridi SG-RE, che mostrano un potenziale maggiore in termini di continuità e trasferibilità rispetto agli approcci unidimensionali (Silva et al., 2021). L'interazione tra la gamification dei SG e la dimensione incarnata

e interattiva della RE ha permesso di creare ambienti di apprendimento multimodali, capaci di stimolare simultaneamente competenze cognitive, emotive e comportamentali. Questo quadro teorico si collega anche alle evidenze sulla RE e sul game-based learning in ambito cognitivo (Stasolla et al., 2025), che mostrano miglioramenti analoghi nei processi attentivi e di problem solving.

Lo studio sperimentale realizzato in questa tesi si inserisce in continuità con tali evidenze (Stasolla et al., 2025). L'intervento, della durata di otto settimane, ha integrato attività SG adattive e interazioni RE mirate, con l'obiettivo di potenziare le abilità aritmetiche e le competenze socio-emotive in studenti con NDD. I risultati quantitativi hanno mostrato miglioramenti significativi nell'accuratezza dei calcoli, nella fluenza esecutiva e nelle strategie di problem-solving (Stasolla et al., 2025). Parallelamente, le osservazioni qualitative e i report degli insegnanti hanno evidenziato un aumento della perseveranza, una riduzione della frustrazione e un miglioramento nella collaborazione tra pari.

Gli analytics integrati nei SG hanno rivelato una diminuzione costante delle richieste di aiuto e un incremento della regolazione autonoma, indicando che gli studenti hanno progressivamente sviluppato maggiore fiducia e padronanza dei compiti (Stasolla et al., 2025). Questi risultati si pongono in linea con quanto discusso nella revisione narrativa (Curcio et al., 2025), che sottolinea come i SG basati su IA possano favorire la regolazione emotiva e comportamentale nei bambini con ASD.

Gli insegnanti hanno riportato una riduzione della necessità di supervisione continua, mentre i caregiver hanno osservato meno conflitti domestici legati ai compiti e una maggiore disponibilità dei figli a impegnarsi in attività scolastiche (Stasolla et al., 2025). Questi esiti suggeriscono la possibilità che i benefici degli interventi SG-RE si estendano oltre la dimensione individuale, influenzando positivamente il benessere familiare e il clima scolastico, in linea con quanto discusso nella revisione narrativa (Curcio et al., 2025), che evidenziano come i SG basati

su IA possano favorire la regolazione emotiva e le dinamiche relazionali nei contesti educativi e familiari.

Nel complesso, i risultati della tesi suggeriscono che gli approcci SG–RE rappresentano strumenti potenzialmente efficaci e versatili per promuovere lo sviluppo globale nei NDD, poiché agiscono su più livelli: cognitivo, esecutivo, socio-emotivo e relazionale (Curcio et al., 2025). Gli effetti osservati indicano che l'apprendimento mediato dalla tecnologia può favorire processi di autoregolazione, empatia, motivazione intrinseca e autonomia funzionale, contribuendo in modo significativo al raggiungimento degli obiettivi dell'educazione inclusiva (Stasolla et al., 2025).

La convergenza tra evidenze quantitative, qualitative e osservazionali rafforza la robustezza dei risultati e offre una base empirica preliminare per sostenere l'integrazione stabile di SG e RE nella didattica quotidiana. L'intervento ha dimostrato che è possibile coniugare innovazione tecnologica e pedagogia inclusiva, creando ambienti che valorizzano le differenze individuali e promuovono il successo formativo di ogni studente (Stasolla et al., 2025).

Le evidenze raccolte in questa tesi sottolineano infine la necessità di ricerche longitudinali e multicentriche, volte a valutare la sostenibilità, la scalabilità e la personalizzazione dinamica degli interventi (Stasolla et al., 2025; Stasolla et al., 2025). In particolare, l'integrazione dell'IA nei SG–RE rappresenta una direzione promettente per creare esperienze di apprendimento adattive, in grado di reagire in tempo reale agli stati cognitivi ed emotivi degli studenti. Parallelamente, lo sviluppo di moduli family-centered, che coinvolgano attivamente i caregiver nella progettazione e nel rinforzo delle attività, può ampliare l'impatto educativo e migliorare la qualità della vita familiare (Leifler et al., 2024).

Questa tesi contribuisce a delineare il potenziale che i sistemi SG–RE costituiscono una risorsa trasformativa per l'educazione dei bambini e adolescenti con NDD. Nel loro insieme, questi risultati si pongono in

continuità con le linee di ricerca precedenti sul potenziamento cognitivo ed emotivo mediato da IA e gamification (Curcio et al., 2025; Stasolla et al., 2025), offrendo una visione integrata della tecnologia come leva per la neurodiversità e l'inclusione.

Alla luce del disegno esplorativo dello studio sperimentale e dell'assenza di un gruppo di controllo, le conclusioni devono essere interpretate come evidenze preliminari, contestualizzate e non generalizzabili utili a orientare la ricerca e la pratica educativa, ma non come dimostrazioni definitive di efficacia.

Contributi all'Educazione Speciale e Inclusiva

La presente tesi apporta molteplici contributi originali al campo dell'educazione speciale e inclusiva, sia sul piano teorico sia in termini di applicazioni pratiche delle tecnologie SG–RE nei percorsi di apprendimento rivolti a studenti con NDD. I risultati ottenuti, uniti alla prospettiva metodologica adottata, permettono di ampliare il concetto stesso di intervento educativo per alunni con ASD, ADHD, DI e DSA, promuovendo approcci più integrati, sostenibili e centrati sulla persona.

Un primo contributo fondamentale è rappresentato dalla Revisione Sistemática in corso di pubblicazione, che ha esteso il campo di indagine oltre la tradizionale focalizzazione su esiti strettamente curricolari o cognitivi. Mentre molte ricerche precedenti (Butterworth & Laurillard, 2010; Melby-Lervåg & Hulme, 2013; Sonuga-Barke et al., 2013) si limitano ad analizzare miglioramenti nelle abilità di calcolo, lettura, memoria di lavoro o attenzione selettiva, il presente lavoro ha adottato un quadro più ampio e multidimensionale, includendo variabili trasversali quali motivazione intrinseca, engagement scolastico, competenze socio-emotive, qualità della vita percepita e benessere familiare. Questo approccio riflette un allineamento con i modelli internazionali dell'educazione inclusiva, che non si limitano alla performance accademica, ma promuovono equità, partecipazione attiva e sviluppo globale come indicatori fondamentali del successo educativo (Curcio et al., 2025). La mappatura sistematica delle dimensioni secondarie — spesso trascurate nelle metanalisi quantitative — ha permesso di valorizzare anche i contributi meno visibili ma essenziali degli interventi basati su SG e RE.

Un secondo contributo riguarda l'innovazione metodologica e pedagogica legata all'adozione di un modello ibrido SG–RE (Stasolla et al., 2025). I SG, attraverso la gamification e il feedback adattivo, favoriscono apprendimento autoregolato, auto-efficacia e persistenza nel compito. La RE, grazie alla sua interazione incarnata, supporta lo sviluppo di abilità socio-relazionali, stimola l'attenzione sostenuta e promuove comportamenti imitativi funzionali. Combinando queste due tecnologie, la

tesi propone un ambiente multimodale capace di rispondere simultaneamente ai bisogni cognitivi, motori, emotivi e comunicativi degli studenti con NDD. Il valore di questa integrazione emerge chiaramente nello studio sperimentale, dove l'impiego congiunto di SG e RE ha generato risposte positive generalizzabili sia sul piano accademico che su quello relazionale. Questo modello può dunque essere considerato una best practice emergente per l'inclusione scolastica, in grado di superare i limiti degli approcci standardizzati e poco flessibili.

Un terzo contributo chiave risiede nella centralità attribuita ai caregiver e al contesto familiare. Le evidenze emerse, sia dalla Revisione sia dallo studio sperimentale, hanno dimostrato come l'utilizzo di SG e RE non solo migliori le prestazioni scolastiche dei bambini, ma influenzi positivamente anche la qualità della vita familiare (Stasolla et al., 2025). I genitori coinvolti hanno riferito una riduzione del carico assistenziale, minori conflitti legati ai compiti, maggiore serenità domestica e più autonomia nei figli nello svolgimento delle attività quotidiane. Al contempo, gli insegnanti hanno osservato una diminuzione delle richieste di mediazione individualizzata, una partecipazione più attiva e una maggiore inclusione tra pari.

Questi risultati suggeriscono il potenziale degli interventi SG-RE come strumenti family-centered, capaci di favorire processi di empowerment genitoriale e di contribuire al sostegno dell'ecosistema educativo. Tali risultati sono coerenti con quanto discusso da (Curcio et al., 2025), che evidenziano come i SG basati su IA possano sostenere la regolazione emotiva, le abilità sociali e le relazioni educative tra scuola e famiglia.

Infine, la tesi si distingue anche per il suo contributo metodologico. Svitati lavori sono stati condotti secondo gli standard PRISMA 2020 (Page et al., 2021), garantendo rigore, trasparenza e replicabilità nelle fasi di selezione, codifica e sintesi degli studi. Lo studio sperimentale, implementato in contesti scolastici autentici, ha assicurato validità ecologica e pertinenza applicativa, dimostrando la fattibilità di integrare gli strumenti SG-RE nella prassi didattica quotidiana (Stasolla et al., 2025). La triangolazione tra dati quantitativi, qualitativi e osservazionali ha rafforzato

la credibilità dei risultati, riducendo i bias e offrendo una visione più completa dell'impatto dell'intervento. Questo doppio approccio — sintetico e sperimentale — ha consentito di colmare il gap tra ricerca controllata e pratica educativa reale, proponendo evidenze trasferibili e scalabili.

La tesi contribuisce ad ampliare la visione dell'educazione speciale e inclusiva, collocando le tecnologie SG-RE all'interno di un paradigma pedagogico ed ecologico che valorizza la personalizzazione, l'inclusività, la sostenibilità e il benessere sistemico. I risultati ottenuti suggeriscono il potenziale degli approcci digitali nel sostenere i processi di apprendimento nei NDD e contribuiscono a una riformulazione dei criteri di successo educativo, fondata sull'interazione dinamica tra sviluppo individuale e contesto. Questa prospettiva apre nuovi scenari di ricerca, formazione e progettazione educativa orientati a una scuola realmente accessibile, adattiva e centrata sulla neurodiversità.

Implicazioni Pratiche per Educatori e Clinici

I risultati emersi dalla presente tesi generano importanti implicazioni operative per insegnanti, clinici, caregiver e decisori educativi, evidenziando il potenziale trasformativo dei sistemi SG–RE nella promozione di pratiche inclusive, personalizzate e sostenibili per studenti con NDD, tra cui ASD, ADHD, DI e DSA. Queste conclusioni sono coerenti con quanto riportato da (Stasolla et al., 2025), che sottolineano il ruolo delle tecnologie immersive e adattive nel favorire un apprendimento multimodale e flessibile.

Per gli insegnanti, l'integrazione di SG e RE offre strumenti altamente versatili per differenziare le pratiche didattiche in contesti scolastici sempre più eterogenei. I SG, grazie al feedback adattivo, allo scaffolding dinamico e alla progressione individualizzata, consentono di modulare i livelli di difficoltà in funzione dei profili cognitivi e motivazionali degli studenti. In parallelo, la RE introduce modalità incarnate, prevedibili e socialmente interattive, che favoriscono l'engagement anche in bambini con difficoltà attentive, ansia da prestazione o compromissioni comunicative. Questi risultati trovano riscontro nella revisione narrativa (Curcio et al., 2025), che evidenzia come i SG basati su IA migliorino le competenze socio-emotive, la motivazione e la regolazione comportamentale nei bambini con ASD. L'utilizzo sistematico di SG–RE può quindi contribuire a rafforzare l'equità educativa, promuovendo una didattica capace di rispondere ai bisogni specifici senza stigmatizzazione (Stasolla et al., 2025).

Per i clinici, i sistemi SG–RE costituiscono un complemento potente e innovativo agli approcci terapeutici convenzionali. Gli ambienti gamificati e i robot educativi possono trasformare il setting riabilitativo in uno spazio motivante e a basso carico emotivo, in cui esercitare FE, abilità comunicative e competenze relazionali. In particolare, è stato osservato che le attività robotiche basate sull'imitazione motoria, sul turn-taking e sull'attenzione congiunta risultano efficaci nel trattamento precoce di bambini con ASD. Inoltre, le piattaforme SG con analitiche integrate consentono un monitoraggio dinamico dei progressi, fornendo ai terapisti indicatori quantitativi per personalizzare gli obiettivi e identificare

precocemente eventuali regressioni (Curcio et al., 2025). In questo senso, i sistemi SG–RE rappresentano uno strumento data-informed, che unisce gioco, tecnologia e valutazione dinamica

Per i caregiver, le evidenze — emerse sia nella Revisione Sistemica sia nello studio sperimentale — mostrano come l’impiego di SG–RE produca benefici indiretti significativi: riduzione del carico assistenziale, maggiore autonomia nei figli e miglioramento del clima familiare. I genitori coinvolti hanno riferito una diminuzione dei conflitti legati ai compiti scolastici e una più alta disponibilità alla collaborazione in contesti extrascolastici, come documentato anche in (Curcio et al., 2025). Questi risultati confermano la necessità di coinvolgere attivamente le famiglie nella co-progettazione, attraverso moduli formativi, attività domiciliari e piattaforme digitali accessibili.

L’inclusione dei caregiver nel disegno e nella valutazione degli interventi SG–RE rappresenta una leva strategica per il trasferimento delle competenze acquisite a scuola al contesto di vita quotidiana.

Per i decisori politici, i risultati forniscono evidenze solide a supporto di politiche educative tecnologicamente inclusive. L’introduzione di SG e RE nelle scuole richiede strategie di implementazione scalabili, che includano formazione docente, supporto tecnico, accessibilità digitale e adattamenti culturali. Nonostante i costi iniziali, le soluzioni open-source e cloud-based garantiscono sostenibilità economica a lungo termine.

Come evidenziato nei lavori (Curcio et al., 2025; Stasolla et al., 2023), l’integrazione di IA e SR rappresenta una strategia ad alto impatto per ridurre la dispersione scolastica, migliorare il benessere familiare e potenziare le competenze trasversali. È auspicabile che le politiche educative promuovano collaborazioni interdisciplinari tra educatori, clinici, ricercatori e famiglie, consolidando l’uso di SG–RE come parte integrante delle pratiche didattiche e terapeutiche ordinarie.

Le implicazioni pratiche di questa tesi delineano un nuovo paradigma di intervento educativo e clinico per studenti con NDD, in cui le tecnologie SG–RE non sono meri strumenti compensativi, ma mediatori attivi dell'apprendimento, della relazione e dell'inclusione. Per realizzare appieno il loro potenziale, sarà cruciale che tutti gli attori coinvolti — scuola, sanità, famiglia e istituzioni — collaborino in modo sinergico, condividendo obiettivi, strumenti e valori orientati a un'educazione realmente accessibile, partecipativa e centrata sulla neurodiversità.

Riflessioni Finali e Prospettive Future

I risultati emersi da questa tesi evidenziano che SG e RE non sono soltanto strumenti innovativi, ma veri e propri agenti di trasformazione pedagogica, capaci di ridefinire le modalità con cui si promuove l'apprendimento, lo sviluppo socio-emotivo e il benessere sistemico nei bambini e adolescenti con NDD. L'approccio adottato, che ha integrato una Revisione Sistemica con uno studio sperimentale applicato in contesto scolastico reale, ha permesso di delineare un quadro chiaro e articolato delle potenzialità e dei limiti legati all'uso di questi strumenti in ambito educativo e clinico.

SG e RE si sono dimostrati in grado di superare una visione deficit-based dell'intervento educativo, promuovendo invece autonomia, motivazione intrinseca, interazione significativa e partecipazione attiva. Nei bambini con ASD, ad esempio, l'interazione mediata da robot sociali ha facilitato l'imitazione motoria e l'intenzionalità comunicativa (Pivetti et al., 2020), mentre l'uso di SG con meccanismi di feedback adattivo ha rafforzato l'attenzione sostenuta e la flessibilità cognitiva in alunni con ADHD e DSA (Curcio et al., 2025; Stasolla et al., 2025). Inoltre, i vantaggi osservati sul piano familiare – come la riduzione del carico sui caregiver e l'incremento dell'autonomia domestica – confermano che tali tecnologie possono avere un impatto ecologico esteso, migliorando la qualità della vita ben oltre i confini della classe (Tan et al., 2024).

Tuttavia, permangono sfide significative. La maggior parte degli studi disponibili, inclusi quelli analizzati nella Revisione Sistemica, presenta campioni ridotti e metodologie eterogenee, limitando la generalizzabilità dei risultati. È quindi urgente condurre studi con campioni più ampi, rappresentativi della varietà dei profili NDD e stratificati per diagnosi. Inoltre, è necessario adattare i protocolli SG–RE alle specificità cognitive, comportamentali e sensoriali dei diversi gruppi: per esempio, bambini con DI potrebbero necessitare di ambienti più strutturati e interfacce semplificate, mentre studenti con DSA possono beneficiare di supporti visivi integrativi e tempi di risposta più flessibili (Wyatt et al., 2024).

Un'altra priorità riguarda la valutazione degli esiti. Attualmente, molti studi si basano su misure qualitative o strumenti non validati, in particolare per quanto riguarda il benessere familiare e l'effetto sugli insegnanti. È quindi fondamentale sviluppare e standardizzare batterie multidimensionali, capaci di catturare gli esiti accademici, socio-emotivi e sistemici in modo integrato (Wang et al., 2019). L'inclusione dei caregiver nella ricerca e nella progettazione degli interventi deve diventare un criterio centrale, anche attraverso la somministrazione sistematica di strumenti su stress percepito, qualità della vita e funzionamento familiare (Stasolla et al., 2024).

In termini tecnologici, le prospettive future sono fortemente connesse allo sviluppo di sistemi intelligenti e adattivi. L'integrazione di IA, sensori biometrici, machine learning e analisi predittiva nei SG e nella RE può aprire la strada a interventi personalizzati in tempo reale, capaci di adattarsi alle variazioni emotive, cognitive e comportamentali dell'utente (Stasolla et al., 2025). Ad esempio, un SG potenziato da IA potrebbe modulare la difficoltà degli esercizi in base al livello di frustrazione rilevato attraverso l'espressione facciale, il tono della voce o la latenza di risposta. Analogamente, un robot educativo potrebbe modificare la propria prosodia, postura o distanza in base al profilo sensoriale del bambino (Gallardo Vergara & Monserrat Gallardo, 2023; Panceri et al., 2021). Tuttavia, queste innovazioni comportano anche rischi etici e pratici: il monitoraggio continuo, la protezione della privacy, l'accessibilità nei contesti a basso reddito e il rischio di dipendenza tecnologica devono essere affrontati con attenzione, attraverso regolamentazioni chiare e approcci inclusivi.

Un ulteriore elemento strategico riguarda la scalabilità e sostenibilità degli interventi. Per garantire una diffusione equa delle soluzioni SG-RE, sarà necessario investire in formazione docenti, in robotica open-source a basso costo, in licenze accessibili per SG educativi, e soprattutto in reti territoriali interprofessionali che facilitino la co-progettazione tra educatori, clinici, famiglie e sviluppatori (Khanlari, 2016). Solo attraverso un lavoro di rete sarà possibile assicurare che le soluzioni tecnologiche rispondano ai

reali bisogni dei contesti scolastici, senza sostituire le relazioni umane ma rafforzandole.

In definitiva, SG e RE si delineano come componenti emergenti di un possibile nuovo paradigma educativo, fondato su personalizzazione, inclusione, sostenibilità e rigore scientifico (Panceri et al., 2021). Il loro impatto educativo non dipende solo dalle funzionalità tecniche, ma dalla capacità di essere incorporate criticamente nelle pratiche quotidiane, con il coinvolgimento attivo di tutti gli stakeholder. Le riflessioni finali di questa tesi auspicano che le ricerche future non si limitino a misurare gli esiti immediati degli interventi, ma esplorino trasformazioni di lungo periodo, in cui bambini con NDD possano crescere come protagonisti attivi, all'interno di ecosistemi educativi inclusivi, sensibili alla neurodiversità e orientati al benessere collettivo.

Bibliografia

- Abín, A., Pasarín-Lavín, T., Areces, D., Rodríguez, C., & Núñez, J. C. (2024). The Emotional Impact of Family Involvement during Homework in Children with Neurodevelopmental Disorders: A Systematic Review. *Children*, 11(6), 713. <https://doi.org/10.3390/children11060713>
- Abou-Hatab, M. F., Zahran, M. H., & Abbas, Z. M. (2013). 2122 – Autistic Preschoolers: A Teacch Based Model For Early Behavioral Intervention In School Setting. *European Psychiatry*, 28(S1), 28-E1300. [https://doi.org/10.1016/S0924-9338\(13\)77012-3](https://doi.org/10.1016/S0924-9338(13)77012-3)
- Adnan, N., Abdullah, S. N. H. S., Raja Yusof, R. J., Zainal, N. F. A., Qamar, F., & Yadegaridehkordi, E. (2023). A Systematic Literature Review in Robotics Experiential Learning With Computational and Adversarial Thinking. *IEEE Access*, 11, 44806–44827. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3249761>
- Alamri, H., Lowell, V., Watson, W., & Watson, S. L. (2020). Using personalized learning as an instructional approach to motivate learners in online higher education: Learner self-determination and intrinsic motivation. *Journal of Research on Technology in Education*, 52(3), 322–352. <https://doi.org/10.1080/15391523.2020.1728449>
- Ali, A. (2025). Ethical and Regulatory Considerations in Rehabilitation Robotics: Ensuring Safe and Equitable Care. In J. Narayan & H. Gritli (Eds), *Design and Control of Rehabilitation Robots* (Vol. 585, pp. 399–422). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-86977-8_17

- Almurashi, H., Bouaziz, R., Alharthi, W., Al-Sarem, M., Hadwan, M., & Kammoun, S. (2022). Augmented Reality, Serious Games and Picture Exchange Communication System for People with ASD: Systematic Literature Review and Future Directions. *Sensors*, 22(3), 1250. <https://doi.org/10.3390/s22031250>
- Alowais, S. A., Alghamdi, S. S., Alsuhebany, N., Alqahtani, T., Alshaya, A. I., Almohareb, S. N., Aldairem, A., Alrashed, M., Bin Saleh, K., Badreldin, H. A., Al Yami, M. S., Al Harbi, S., & Albekairy, A. M. (2023). Revolutionizing healthcare: The role of artificial intelligence in clinical practice. *BMC Medical Education*, 23(1), 689. <https://doi.org/10.1186/s12909-023-04698-z>
- Alrehaili, E. A., & Al Osman, H. (2022). A virtual reality role-playing serious game for experiential learning. *Interactive Learning Environments*, 30(5), 922–935. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1703008>
- Alves, F. J., De Carvalho, E. A., Aguilar, J., De Brito, L. L., & Bastos, G. S. (2020). Applied Behavior Analysis for the Treatment of Autism: A Systematic Review of Assistive Technologies. *IEEE Access*, 8, 118664–118672. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3005296>
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (Fifth Edition). American Psychiatric Association. <https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596>
- Amro, M., VicunaPolo, S., Jayousi, R., & Qasrawi, R. (2021). Personalized Serious Games for Improving Attention Skills among Palestinian Adolescents. *Advances in Science, Technology and Engineering*

Systems Journal, 6(4), 368–375.
<https://doi.org/10.25046/aj060441>

Anwar, S., Bascou, N. A., Menekse, M., & Kardgar, A. (2019). A Systematic Review of Studies on Educational Robotics. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 9(2).
<https://doi.org/10.7771/2157-9288.1223>

Arellano, D., Rauh, R., Krautheim, B., Spicker, M., Schaller, U. M., Helzle, V., & Deussen, O. (2018). Interactive testbed for research in autism—The SARA project. *Universal Access in the Information Society*, 17(1), 21–36. <https://doi.org/10.1007/s10209-016-0521-9>

Ariza, J. A., & Pearce, J. M. (2022). Low-Cost Assistive Technologies for Disabled People Using Open-Source Hardware and Software: A Systematic Literature Review. *IEEE Access*, 10, 124894–124927.
<https://doi.org/10.1109/access.2022.3221449>

Arshad, N. I., Hashim, A. S., Mohd Ariffin, M., Mohd Aszemi, N., Low, H. M., & Norman, A. A. (2020). Robots as Assistive Technology Tools to Enhance Cognitive Abilities and Foster Valuable Learning Experiences among Young Children With Autism Spectrum Disorder. *IEEE Access*, 8, 116279–116291.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3001629>

Atman Uslu, N., Yavuz, G. Ö., & Koçak Usluel, Y. (2023). A systematic review study on educational robotics and robots. *Interactive Learning Environments*, 31(9), 5874–5898.
<https://doi.org/10.1080/10494820.2021.2023890>

- Ayano, G., Tsegay, L., Gizachew, Y., Necho, M., Yohannes, K., Abraha, M., Demelash, S., Anbesaw, T., & Alati, R. (2023). Prevalence of attention deficit hyperactivity disorder in adults: Umbrella review of evidence generated across the globe. *Psychiatry Research*, 328, 115449. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2023.115449>
- Azizi, N., Chandra, S., Gray, M., Sager, M., Fane, J., & Dautenhahn, K. (2022). An Initial Investigation into the Use of Social Robots within an Existing Educational Program for Students with Learning Disabilities. *2022 31st IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)*, 1490–1497. <https://doi.org/10.1109/RO-MAN53752.2022.9900735>
- Backenson, E. M., Holland, S. C., Kubas, H. A., Fitzer, K. R., Wilcox, G., Carmichael, J. A., Fraccaro, R. L., Smith, A. D., Macoun, S. J., Harrison, G. L., & Hale, J. B. (2015). Psychosocial and Adaptive Deficits Associated With Learning Disability Subtypes. *Journal of Learning Disabilities*, 48(5), 511–522. <https://doi.org/10.1177/0022219413511861>
- Baker, A. E., Galván, A., & Fuligni, A. J. (2025). The connecting brain in context: How adolescent plasticity supports learning and development. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 71, 101486. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2024.101486>
- Bakır, Ç. N., Abbas, S. O., Sever, E., Özcan Morey, A., Aslan Genç, H., & Mutluer, T. (2023). Use of augmented reality in mental health-related conditions: A systematic review. *DIGITAL HEALTH*, 9,

20552076231203649.

<https://doi.org/10.1177/20552076231203649>

Bal, M., Kara Aydemir, A. G., Tepetaş Cengiz, G. Ş., & Altındağ, A. (2024).

Examining the relationship between language development, executive function, and screen time: A systematic review. *PLOS ONE*, 19(12), e0314540. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0314540>

Baldassarri, S., Passerino, L., Ramis, S., Riquelme, I., & Perales, F. J. (2021).

Toward emotional interactive videogames for children with autism spectrum disorder. *Universal Access in the Information Society*, 20(2), 239–254. <https://doi.org/10.1007/s10209-020-00725-8>

Bandura, A. (2001). Social Cognitive Theory: An Agentic Perspective.

Annual Review of Psychology, 52(1), 1–26. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.52.1.1>

Banker, S. M., Gu, X., Schiller, D., & Foss-Feig, J. H. (2021). Hippocampal

contributions to social and cognitive deficits in autism spectrum disorder. *Trends in Neurosciences*, 44(10), 793–807. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2021.08.005>

Bannon, S. M., Grunberg, V. A., Manglani, H. R., Lester, E. G., Ritchie, C.,

& Vranceanu, A. (2022). Together from the start: A transdiagnostic framework for early dyadic interventions for neurodegenerative diseases. *Journal of the American Geriatrics Society*, 70(6), 1850–1862. <https://doi.org/10.1111/jgs.17801>

Beaudoin, A. J., Pedneault, F., Houle, M., Bilodeau, C., Gauvin, M.-P.,

Groleau, D., Brochu, P., & Couture, M. (2021). Case study assessing the feasibility of using a wearable haptic device or humanoid robot to

facilitate transitions in occupational therapy sessions for children with autism spectrum disorder. *Journal of Rehabilitation and Assistive Technologies Engineering*, 8, 20556683211049041. <https://doi.org/10.1177/20556683211049041>

Beenstock, M., Pinto, O., & Rimmerman, A. (2021). Transition Into Adulthood With Autism Spectrum Disorders: A Longitudinal Population Cohort Study of Socioeconomic Outcomes. *Journal of Disability Policy Studies*, 32(3), 159–170. <https://doi.org/10.1177/1044207320943590>

Bei, R., Liu, Y., Wang, Y., Huang, Y., Li, M., Zhao, Y., & Tong, X. (2024). StarRescue: The Design and Evaluation of A Turn-Taking Collaborative Game for Facilitating Autistic Children's Social Skills. *Proceedings of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 67, 1–19. <https://doi.org/10.1145/3613904.3642829>

Belpaeme, T., Kennedy, J., Ramachandran, A., Scassellati, B., & Tanaka, F. (2018). Social robots for education: A review. *Science Robotics*, 3(21), eaat5954. <https://doi.org/10.1126/scirobotics.aat5954>

Benavente Ferrera, S., Beseghi, M., & Iozzelli, A. (2023). “LE PAROLE DEL FASTIDIO”: COMUNICAZIONE EMPATICA E COMPETENZA EMOTIVA IN AULA. *Italiano LinguaDue*, 15(1), 707–729. <https://doi.org/10.54103/2037-3597/20433>

Bennewith, C., Bellali, J., Watkins, L., Tromans, S., Bhui, K., & Shankar, R. (2024). Sublime and extended reality experiences to enhance emotional wellbeing for autistic people: A state of the art review and

narrative synthesis. *International Journal of Social Psychiatry*, 70(7), 1202–1210. <https://doi.org/10.1177/00207640241261172>

Bertacchini, F., Demarco, F., Scuro, C., Pantano, P., & Bilotta, E. (2023). A social robot connected with chatGPT to improve cognitive functioning in ASD subjects. *Frontiers in Psychology*, 14, 1232177. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1232177>

Bettencourt, C., Anzalone, S., Chetouani, M., Cohen, D., & Grossard, C. (2024). Have information and communication technologies research for neurodevelopmental disorders improved overtime? A systematic meta-review. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 118, 102483. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2024.102483>

Bhuyan, S. S., Sateesh, V., Mukul, N., Galvankar, A., Mahmood, A., Nauman, M., Rai, A., Bordoloi, K., Basu, U., & Samuel, J. (2025). Generative Artificial Intelligence Use in Healthcare: Opportunities for Clinical Excellence and Administrative Efficiency. *Journal of Medical Systems*, 49(1), 10. <https://doi.org/10.1007/s10916-024-02136-1>

Bi, T., Lyons, R., Fox, G., & Muntean, G.-M. (2021). Improving Student Learning Satisfaction by Using an Innovative DASH-Based Multiple Sensorial Media Delivery Solution. *IEEE Transactions on Multimedia*, 23, 3494–3505. <https://doi.org/10.1109/TMM.2020.3025669>

Boendermaker, W. J., Veltkamp, R. C., & Peeters, M. (2017). Training Behavioral Control in Adolescents Using a Serious Game. *Games for Health Journal*, 6(6), 351–357. <https://doi.org/10.1089/g4h.2017.0071>

- Bognar, B., Mužar Horvat, S., & Jukić Matić, L. (2025). Characteristics of Effective Elementary Mathematics Instruction: A Scoping Review of Experimental Studies. *Education Sciences*, 15(1), 76. <https://doi.org/10.3390/educsci15010076>
- Borland, R. L., Cameron, L. A., Tonge, B. J., & Gray, K. M. (2022). Effects of physical activity on behaviour and emotional problems, mental health and psychosocial well-being in children and adolescents with intellectual disability: A systematic review. *Journal of Applied Research in Intellectual Disabilities*, 35(2), 399–420. <https://doi.org/10.1111/jar.12961>
- Boubakri, M., & Nafil, K. (2024). Gamification solutions for persons with disabilities: A systematic literature review. *Universal Access in the Information Society*, 24, 1009–1035. <https://doi.org/10.1007/s10209-024-01170-7>
- Boud, D., & Falchikov, N. (2006). Aligning assessment with long-term learning. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 31(4), 399–413. <https://doi.org/10.1080/02602930600679050>
- Boysen, G. A. (2024). A critical analysis of the research evidence behind CAST's universal design for learning guidelines. *Policy Futures in Education*, 22(7), 1219–1238. <https://doi.org/10.1177/14782103241255428>
- Brasseur, S., Grégoire, J., Bourdu, R., & Mikolajczak, M. (2013). The Profile of Emotional Competence (PEC): Development and Validation of a Self-Reported Measure that Fits Dimensions of Emotional

Competence Theory. *PLoS ONE*, 8(5), e62635.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0062635>

Bressane, A., Zwirn, D., Essiptchouk, A., Saraiva, A. C. V., Carvalho, F. L. D. C., Formiga, J. K. S., Medeiros, L. C. D. C., & Negri, R. G. (2024). Understanding the role of study strategies and learning disabilities on student academic performance to enhance educational approaches: A proposal using artificial intelligence. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 6, 100196.
<https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100196>

Brignell, A., Chenausky, K. V., Song, H., Zhu, J., Suo, C., & Morgan, A. T. (2018). Communication interventions for autism spectrum disorder in minimally verbal children. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2018(11).
<https://doi.org/10.1002/14651858.CD012324.pub2>

Brockmyer, J. H., Fox, C. M., Curtiss, K. A., McBroom, E., Burkhart, K. M., & Pidruzny, J. N. (2009). The development of the Game Engagement Questionnaire: A measure of engagement in video game-playing. *Journal of Experimental Social Psychology*, 45(4), 624–634.
<https://doi.org/10.1016/j.jesp.2009.02.016>

Buckland Parker, H. (2012). Learning Starts with Design: Using Universal Design for Learning (UDL) in Higher Education Course Redesign. In F. S. Miller (Ed.), *Advances in Educational Administration* (Vol. 16, pp. 109–136). Emerald Group Publishing Limited.
[https://doi.org/10.1108/S1479-3660\(2012\)0000016009](https://doi.org/10.1108/S1479-3660(2012)0000016009)

- Bugden, S., & Ansari, D. (2016). Probing the nature of deficits in the 'Approximate Number System' in children with persistent Developmental Dyscalculia. *Developmental Science*, 19(5), 817–833. <https://doi.org/10.1111/desc.12324>
- Butterworth, B., & Laurillard, D. (2010). Low numeracy and dyscalculia: Identification and intervention. *ZDM*, 42(6), 527–539. <https://doi.org/10.1007/s11858-010-0267-4>
- Cadieux, L., & Keenan, M. (2020). Can Social Communication Skills for Children Diagnosed With Autism Spectrum Disorder Rehearsed Inside the Video Game Environment of Minecraft Generalize to the Real World? *JMIR Serious Games*, 8(2), e14369. <https://doi.org/10.2196/14369>
- Camia, M., Reho, M., Ferrari, E., Boni, C. D., Ferretti, V., Guaraldi, G., Genovese, E., Varallo, G., Benassi, E., Scarano, A., Baldini, V., Ciaramidaro, A., & Scorza, M. (2025). Academic Burnout in University Students with Specific Learning Disorders: The Mediating Role of Anxiety in the Relationship Between Burnout and Depression. *Journal of Clinical Medicine*, 14(18), 6400. <https://doi.org/10.3390/jcm14186400>
- Cano, A. R., Garcia-Tejedor, A. J., Alonso-Fernandez, C., & Fernandez-Manjon, B. (2019). Game Analytics Evidence-Based Evaluation of a Learning Game for Intellectual Disabled Users. *IEEE Access*, 7, 123820–123829. <https://doi.org/10.1109/access.2019.2938365>
- Caputo, M., Lyles, J. T., Salazar, M. S., & Quave, C. L. (2020). LEGO MINDSTORMS Fraction Collector: A Low-Cost Tool for a

Preparative High-Performance Liquid Chromatography System.
Analytical Chemistry, 92(2), 1687–1690.
<https://doi.org/10.1021/acs.analchem.9b04299>

Carlier, S., Van Der Paelt, S., Ongenaes, F., De Backere, F., & De Turck, F. (2020). Empowering Children with ASD and Their Parents: Design of a Serious Game for Anxiety and Stress Reduction. *Sensors*, 20(4), 966. <https://doi.org/10.3390/s20040966>

Carneiro, T., Carvalho, A., Frota, S., & Filipe, M. G. (2024). Serious Games for Developing Social Skills in Children and Adolescents with Autism Spectrum Disorder: A Systematic Review. *Healthcare*, 12(5), 508. <https://doi.org/10.3390/healthcare12050508>

Carter, E. W., Common, E. A., Sreckovic, M. A., Huber, H. B., Bottema-Beutel, K., Gustafson, J. R., Dykstra, J., & Hume, K. (2014). Promoting Social Competence and Peer Relationships for Adolescents With Autism Spectrum Disorders. *Remedial and Special Education*, 35(2), 91–101. <https://doi.org/10.1177/0741932513514618>

Caruso, F., Peretti, S., Barletta, V. S., Pino, M. C., & Mascio, T. D. (2023). Recommendations for Developing Immersive Virtual Reality Serious Game for Autism: Insights From a Systematic Literature Review. *IEEE Access*, 11, 74898–74913. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3296882>

Ceruti, C., Mingozi, A., Scionti, N., & Marzocchi, G. M. (2024). Comparing Executive Functions in Children and Adolescents with Autism and

ADHD—A Systematic Review and Meta-Analysis. *Children*, 11(4), 473. <https://doi.org/10.3390/children11040473>

Cervantes, J.-A., López, S., Cervantes, S., Hernández, A., & Duarte, H. (2023). Social Robots and Brain–Computer Interface Video Games for Dealing with Attention Deficit Hyperactivity Disorder: A Systematic Review. *Brain Sciences*, 13(8), 1172. <https://doi.org/10.3390/brainsci13081172>

Chatzis, D., Papasalouros, A., & Kavallieratou, E. (2022). Planning a robotic competition. *Computer Applications in Engineering Education*, 30(4), 1248–1263. <https://doi.org/10.1002/cae.22518>

Chen, C.-H., Law, V., & Huang, K. (2023). Adaptive scaffolding and engagement in digital game-based learning. *Educational Technology Research and Development*, 71(4), 1785–1798. <https://doi.org/10.1007/s11423-023-10244-x>

Chen, Y. (2019). Effect of Mobile Augmented Reality on Learning Performance, Motivation, and Math Anxiety in a Math Course. *Journal of Educational Computing Research*, 57(7), 1695–1722. <https://doi.org/10.1177/0735633119854036>

Cheng-Yu Hung, Kuo, F.-O., Sun, J. C.-Y., & Pao-Ta Yu. (2014). An Interactive Game Approach for Improving Students' Learning Performance in Multi-Touch Game-Based Learning. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 7(1), 31–37. <https://doi.org/10.1109/TLT.2013.2294806>

Chevalier, M., Giang, C., Piatti, A., & Mondada, F. (2020). Fostering computational thinking through educational robotics: A model for

creative computational problem solving. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 39. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00238-z>

Chiapparino, C., Stasolla, F., Pace, C. D., & Lancioni, G. E. (2011). A Touch Pad and a Scanning Keyboard Emulator to facilitate writing by a woman with extensive motor disability. *Life Span and Disability*, XIV, 45–54. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:15363720>

Chien, Y.-L., Lee, C.-H., Chiu, Y.-N., Tsai, W.-C., Min, Y.-C., Lin, Y.-M., Wong, J.-S., & Tseng, Y.-L. (2023). Game-Based Social Interaction Platform for Cognitive Assessment of Autism Using Eye Tracking. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 31, 749–758. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2022.3232369>

Chin, K. E., & Fu, S. H. (2021). EXPLORING THE IMPLEMENTATION OF AN INTERVENTION FOR A PUPIL WITH MATHEMATICAL LEARNING DIFFICULTIES: A CASE STUDY. *Journal on Mathematics Education*, 12(3), 531–546. <https://doi.org/10.22342/jme.12.3.14473.531-546>

Chorna, O., Corsi, G., Del Secco, S., Bancalè, A., & Guzzetta, A. (2024). Correlation between Early Visual Functions and Cognitive Outcome in Infants at Risk for Cerebral Palsy or Other Neurodevelopmental Disorders: A Systematic Review. *Children*, 11(6), 747. <https://doi.org/10.3390/children11060747>

Cocchella, F., Pusceddu, G., Belgiovine, G., Bogliolo, M., Lastrico, L., Casadio, M., Rea, F., & Sciutti, A. (2023). At school with a robot:

Italian students' perception of robotics during an educational program. *2023 32nd IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)*, 1413–1419. <https://doi.org/10.1109/RO-MAN57019.2023.10309379>

Coifman, K. G., & Summers, C. B. (2019). Understanding Emotion Inflexibility in Risk for Affective Disease: Integrating Current Research and Finding a Path Forward. *Frontiers in Psychology*, *10*, 392. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00392>

Colado, I. J. P., Colado, V. M. P., Morata, A. C., Píriz, R. S. C., & Manjón, B. F. (2023). Using New AI-Driven Techniques to Ease Serious Games Authoring. *2023 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 1–9. <https://doi.org/10.1109/FIE58773.2023.10343021>

Collie, R. J., Granziera, H., & Martin, A. J. (2019). Teachers' motivational approach: Links with students' basic psychological need frustration, maladaptive engagement, and academic outcomes. *Teaching and Teacher Education*, *86*, 102872. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2019.07.002>

Conti, D., Trubia, G., Buono, S., Di Nuovo, S., & Di Nuovo, A. (2021). An empirical study on integrating a small humanoid robot to support the therapy of children with Autism Spectrum

Disorder and Intellectual Disability. *Interaction Studies. Social Behaviour and Communication in Biological and Artificial Systems*, *22*(2), 177–211. <https://doi.org/10.1075/is.21011.con>

Coronato, A., Naeem, M., De Pietro, G., & Paragliola, G. (2020). Reinforcement learning for intelligent healthcare applications: A

- survey. *Artificial Intelligence in Medicine*, 109, 101964.
<https://doi.org/10.1016/j.artmed.2020.101964>
- Coufal, P. (2022). Project-Based STEM Learning Using Educational Robotics as the Development of Student Problem-Solving Competence. *Mathematics*, 10(23), 4618.
<https://doi.org/10.3390/math10234618>
- Crepaldi, M., Colombo, V., Mottura, S., Baldassini, D., Sacco, M., Cancer, A., & Antonietti, A. (2020a). Antonyms: A Computer Game to Improve Inhibitory Control of Impulsivity in Children with Attention Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD). *Information*, 11(4), 230.
<https://doi.org/10.3390/info11040230>
- Crepaldi, M., Colombo, V., Mottura, S., Baldassini, D., Sacco, M., Cancer, A., & Antonietti, A. (2020b). The Use of a Serious Game to Assess Inhibition Mechanisms in Children. *Frontiers in Computer Science*, 2, 34. <https://doi.org/10.3389/fcomp.2020.00034>
- Curcio, E., Stasolla, F., Zullo, A., Gioia, M. D., & Passaro, A. (2025). Enhancing Socio-Emotional Skills in Children with Autism through AI-Powered Serious Games: A Narrative Review. *20th Conference on Computer Science and Intelligence Systems Proceedings*, 15–21.
<https://doi.org/10.15439/2025F7538>
- Daher, W. (2022). Students' Motivation to Learn Mathematics in the Robotics Environment. *Computers in the Schools*, 39(3), 230–251.
<https://doi.org/10.1080/07380569.2022.2071227>
- Dajani, D. R., Llabre, M. M., Nebel, M. B., Mostofsky, S. H., & Uddin, L. Q. (2016). Heterogeneity of executive functions among comorbid

neurodevelopmental disorders. *Scientific Reports*, 6(1), 36566.
<https://doi.org/10.1038/srep36566>

Dakopolos, A., Condry, E., Smith, E., Harvey, D., Kaat, A. J., Coleman, J., Riley, K., Berry-Kravis, E., & Hessler, D. (2024). Developmental associations between cognition and adaptive behavior in intellectual and developmental disability. *Journal of Neurodevelopmental Disorders*, 16(1), 31. <https://doi.org/10.1186/s11689-024-09542-z>

Daud, N. F. N. M., Abdullah, M. H. L., & Zakaria, M. H. (2023). Serious Game Design Principles for Children with Autism to Facilitate the Development of Emotion Regulation. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 14(5).
<https://doi.org/10.14569/IJACSA.2023.01405100>

Davis, R. D., & Wilson-Kennedy, Z. (2023). Leveraging Cultural Wealth, Identities and Motivation: How Diverse Intersectional Groups of Low-Income Undergraduate STEM Students Persist in Collegiate STEM Environments. *Education Sciences*, 13(9), 888.
<https://doi.org/10.3390/educsci13090888>

De Carvalho, A. P., Braz, C. S., & Prates, R. O. (2022). How are games for autistic children being evaluated? *Proceedings of the 21st Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*, article 20, 1–13. <https://doi.org/10.1145/3554364.3559127>

De Vries, M., Prins, P. J. M., Schmand, B. A., & Geurts, H. M. (2015). Working memory and cognitive flexibility-training for children with an autism spectrum disorder: A randomized controlled trial. *Journal*

of Child Psychology and Psychiatry, 56(5), 566–576.
<https://doi.org/10.1111/jcpp.12324>

De Wit, R., & Huurdeman, H. (2025). Training Conversational Skills Using a VR Game: Effect of Immersion. *International Journal of Serious Games*, 12(2), 211–231. <https://doi.org/10.17083/ijsg.v12i2.925>

Decarli, G., Sella, F., Lanfranchi, S., Gerotto, G., Gerola, S., Cossu, G., & Zorzi, M. (2023). Severe Developmental Dyscalculia Is Characterized by Core Deficits in Both Symbolic and Nonsymbolic Number Sense. *Psychological Science*, 34(1), 8–21.
<https://doi.org/10.1177/09567976221097947>

Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, 44(1–2), 1–42. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(92\)90049-N](https://doi.org/10.1016/0010-0277(92)90049-N)

Derks, S. D. M., Willems, A. M., Wouda, M., & Sterkenburg, P. S. (2024). Effectiveness of the mentalisation-based serious game ‘You & I’ for adults with mild to borderline intellectual disabilities: A randomised controlled trial. *Journal of Applied Research in Intellectual Disabilities*, 37(1), e13170. <https://doi.org/10.1111/jar.13170>

Deserno, M. K., Borsboom, D., Begeer, S., & Geurts, H. M. (2018). Relating ASD symptoms to well-being: Moving across different construct levels. *Psychological Medicine*, 48(7), 1179–1189.
<https://doi.org/10.1017/S0033291717002616>

Desideri, L., Negrini, M., Malavasi, M., Tanzini, D., Rouame, A., Cutrone, M. C., Bonifacci, P., & Hoogerwerf, E.-J. (2018). Using a Humanoid Robot as a Complement to Interventions for Children with Autism Spectrum Disorder: A Pilot Study. *Advances in Neurodevelopmental*

Disorders, 2(3), 273–285. <https://doi.org/10.1007/s41252-018-0066-4>

DeSmet, A., Van Ryckeghem, D., Compernelle, S., Baranowski, T., Thompson, D., Crombez, G., Poels, K., Van Lippevelde, W., Bastiaenssens, S., Van Cleemput, K., Vandebosch, H., & De Bourdeaudhuij, I. (2014). A meta-analysis of serious digital games for healthy lifestyle promotion. *Preventive Medicine*, 69, 95–107. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2014.08.026>

Di Lieto, M. C., Castro, E., Pecini, C., Inguaggiato, E., Cecchi, F., Dario, P., Cioni, G., & Sgandurra, G. (2020). Improving Executive Functions at School in Children With Special Needs by Educational Robotics. *Frontiers in Psychology*, 10, 2813. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02813>

Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, 64(1), 135–168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>

Díaz-Boladeras, M., Claver I Díaz, A., & García-Sánchez, M. (2025). Robots for inclusive classrooms: A scoping review. *Universal Access in the Information Society*, 24(1), 127–151. <https://doi.org/10.1007/s10209-023-01065-z>

Dignath, C., Rimm-Kaufman, S., Van Ewijk, R., & Kunter, M. (2022). Teachers' Beliefs About Inclusive Education and Insights on What Contributes to Those Beliefs: A Meta-analytical Study. *Educational Psychology Review*, 34(4), 2609–2660. <https://doi.org/10.1007/s10648-022-09695-0>

- Draper, E. A. (2022). Supporting Students With Specific Learning Disabilities: Strategies for the General Music Classroom. *Journal of General Music Education*, 36(1), 47–49. <https://doi.org/10.1177/27527646221115153>
- Du Plooy, E., Casteleijn, D., & Franzsen, D. (2024). Personalized adaptive learning in higher education: A scoping review of key characteristics and impact on academic performance and engagement. *Heliyon*, 10(21), e39630. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39630>
- Durgungoz, F. C., & Durgungoz, A. (2025). “Interactive lessons are great, but too much is too much”: Hearing out neurodivergent students, Universal Design for Learning and the case for integrating more anonymous technology in higher education. *Higher Education*. <https://doi.org/10.1007/s10734-024-01389-6>
- Eckert, M., Gómez-Martinho, I., Meneses, J., & Martínez, J.-F. (2017). New Approaches to Exciting Exergame-Experiences for People with Motor Function Impairments. *Sensors*, 17(2), 354. <https://doi.org/10.3390/s17020354>
- Eichenberg, C., & Schott, M. (2017). Serious Games for Psychotherapy: A Systematic Review. *Games for Health Journal*, 6(3), 127–135. <https://doi.org/10.1089/g4h.2016.0068>
- Elhaddadi, M., Maazouz, H., Alami, N., Drissi, M. M., Mènon, C. S., Latifi, M., & Touhami Ahami, A. O. (2021). Serious Games to teach emotion recognition to children with autism spectrum disorders (ASD). *Acta Neuropsychologica*, 19(1), 81–92. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.7569>

- El-Sattar, H. K. H. A. (2023). EMOFLASH: An Intelligent Virtual-Agent Based Multiplayer Online Serious Game for Promoting Money and Emotion Recognition Skills in Egyptian Children with Autism. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 14(4).
<https://doi.org/10.14569/IJACSA.2023.0140414>
- Elshani, H., Dervishi, E., Ibrahim, S., Nika, A., & Maloku Kuqi, M. (2020). Adaptive Behavior in Children with Intellectual Disabilities. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 11(6), 33.
<https://doi.org/10.36941/mjss-2020-0061>
- Ercolano, G., Rossi, S., Conti, D., & Di Nuovo, A. (2024). Gesture recognition with a 2D low-resolution embedded camera to minimise intrusion in robot-led training of children with autism spectrum disorder. *Applied Intelligence*, 54(8), 6579–6591.
<https://doi.org/10.1007/s10489-024-05477-z>
- Espenes, K., Tørmoe, A. J., Rognstad, K., Nilsen, K. H., Waaler, P. M., Wentzel-Larsen, T., & Kjøbli, J. (2024). Effect of Psychosocial Interventions on Children and Youth Emotion Regulation: A Meta-Analysis. *Administration and Policy in Mental Health and Mental Health Services Research*, 52, 833–852.
<https://doi.org/10.1007/s10488-024-01373-3>
- Espinosa, D. R., Vaughn, S., & Fuchs, L. S. (2025). Interventions for children and adolescents with specific learning disability and co-occurring disorders. *Pediatric Research*. <https://doi.org/10.1038/s41390-025-04261-0>

- Fabbri, M. (2007). *Problemi di empatia. Difficoltà di comprensione emotiva e complessità sociale. Problems of empathy. Difficulties of emotive understanding and social complexity*. [Application/pdf]. 2, 12. <https://doi.org/10.6092/ISSN.1970-2221/1497>
- Fabio, R. A., & Pellegatta, B. (2010). *Attività di potenziamento cognitivo* (Rist). Centro studi Erickson.
- Fanchamps, N. L. J. A., Slangen, L., Hennissen, P., & Specht, M. (2021). The influence of SRA programming on algorithmic thinking and self-efficacy using Lego robotics in two types of instruction. *International Journal of Technology and Design Education*, 31(2), 203–222. <https://doi.org/10.1007/s10798-019-09559-9>
- Feil-Seifer, D., & Mataric, M. J. (2005). Socially Assistive Robotics. *9th International Conference on Rehabilitation Robotics, 2005. ICORR 2005.*, 465–468. <https://doi.org/10.1109/ICORR.2005.1501143>
- Feldner, K., & Dutka, P. (2024). Exploring the Evidence: Generating a Research Question: Using the PICOT Framework for Clinical Inquiry. *Nephrology Nursing Journal*, 51(4), 393. <https://doi.org/10.37526/1526-744X.2024.51.4.393>
- Fiorino, M., Naeem, M., Ciampi, M., & Coronato, A. (2024). Defining a Metric-Driven Approach for Learning Hazardous Situations. *Technologies*, 12(7), 103. <https://doi.org/10.3390/technologies12070103>
- Fitzpatrick, K. K., Darcy, A., & Vierhile, M. (2017). Delivering Cognitive Behavior Therapy to Young Adults With Symptoms of Depression and Anxiety Using a Fully Automated Conversational Agent

- (Woebot): A Randomized Controlled Trial. *JMIR Mental Health*, 4(2), e19. <https://doi.org/10.2196/mental.7785>
- Fletcher, J. M., & Miciak, J. (2024). Assessment of Specific Learning Disabilities and Intellectual Disabilities. *Assessment*, 31(1), 53–74. <https://doi.org/10.1177/10731911231194992>
- Fombona, J., Sáez, J.-M., & Sánchez, S. (2025). Artificial intelligence and robotics in education: Advances, challenges, and future perspectives. *Social Sciences & Humanities Open*, 11, 101533. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2025.101533>
- Frauenberger, C., Good, J., Alcorn, A., & Pain, H. (2013). Conversing through and about technologies: Design critique as an opportunity to engage children with autism and broaden research(er) perspectives. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 1(2), 38–49. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2013.02.001>
- Fridenson-Hayo, S., Berggren, S., Lassalle, A., Tal, S., Pigat, D., Meir-Goren, N., O'Reilly, H., Ben-Zur, S., Bölte, S., Baron-Cohen, S., & Golan, O. (2017). 'Emotiplay': A serious game for learning about emotions in children with autism: results of a cross-cultural evaluation. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 26(8), 979–992. <https://doi.org/10.1007/s00787-017-0968-0>
- Frolli, A., Cerciello, F., Esposito, C., Ricci, M. C., Laccone, R. P., & Bisogni, F. (2023). Universal Design for Learning for Children with ADHD. *Children*, 10(8), 1350. <https://doi.org/10.3390/children10081350>
- Gabrielli, S., Cristofolini, M., Dianti, M., Alvari, G., Vallefucio, E., Bentenuto, A., Venuti, P., Mayora Ibarra, O., & Salvadori, E. (2023).

Co-Design of a Virtual Reality Multiplayer Adventure Game for Adolescents With Autism Spectrum Disorder: Mixed Methods Study. *JMIR Serious Games*, 11, e51719. <https://doi.org/10.2196/51719>

Gallardo Vergara, R., & Monserrat Gallardo, M. (2023). Serious Games to Improve Attention in Boys and Girls with Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD): A Pilot Study. *Acta Colombiana de Psicología*, 26(2), 33–49. <https://doi.org/10.14718/ACP.2023.26.2.4>

Garcia-Garcia, J. M., Penichet, V. M. R., Lozano, M. D., & Fernando, A. (2022). Using emotion recognition technologies to teach children with autism spectrum disorder how to identify and express emotions. *Universal Access in the Information Society*, 21(4), 809–825. <https://doi.org/10.1007/s10209-021-00818-y>

Garcia-Hernandez, N., Buccelli, S., De Angelis, A., Taglione, E., Laffranchi, M., & De Michieli, L. (2024). Assessment of gamified mixed reality environments for upper limb robotic rehabilitation: Pilot study on healthy adults. *Virtual Reality*, 28(4), 164. <https://doi.org/10.1007/s10055-024-01059-z>

García-Redondo, P., García, T., Areces, D., Núñez, J. C., & Rodríguez, C. (2019). Serious Games and Their Effect Improving Attention in Students with Learning Disabilities. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(14), 2480. <https://doi.org/10.3390/ijerph16142480>

Gerald R. Severino, Elmer T. Cabatic, & Mico M. Molina. (2024). The Role of Play in Children's Development. *The Asian Journal of Education*

and Human Development (AJEHD), 5(1), 18.
<https://doi.org/10.69566/ajeht.v5i1.100>

Ghanouni, P., Jarus, T., Zwicker, J. G., & Lucyshyn, J. (2021). An interactive serious game to Target perspective taking skills among children with ASD: A usability testing. *Behaviour & Information Technology*, 40(16), 1716–1726.
<https://doi.org/10.1080/0144929X.2020.1776770>

Gizzonio, V., Avanzini, P., Fabbri-Destro, M., Campi, C., & Rizzolatti, G. (2014). Cognitive abilities in siblings of children with autism spectrum disorders. *Experimental Brain Research*, 232(7), 2381–2390. <https://doi.org/10.1007/s00221-014-3935-8>

Gkiolnta, E., Zygopoulou, M., & Syriopoulou-Delli, C. K. (2023). Robot programming for a child with autism spectrum disorder: A pilot study. *International Journal of Developmental Disabilities*, 69(3), 424–431. <https://doi.org/10.1080/20473869.2023.2194568>

Gomes, C. A., Gomes, H., Figueiredo, M., Lucas, A., & Menezes, L. (2022). MindMaths: Learning mathematics in the early years through computational thinking and robotics. *2022 International Symposium on Computers in Education (SIIE)*, 1–6.
<https://doi.org/10.1109/SIIE56031.2022.9982320>

Graham, A., & Phelps, R. (2003). ‘Being a Teacher’: Developing Teacher Identity and Enhancing Practice Through Metacognitive and Reflective Learning Processes. *Australian Journal of Teacher Education*, 27(2), 15. <https://doi.org/10.14221/ajte.2002v27n2.2>

- Graham, King, N., Coe, H., Zaboynikova, P., Gurd, B. J., & Samdup, D. (2022). Design and Evaluation of an Exergaming System for Children With Autism Spectrum Disorder: The Children's and Families' Perspective. *Frontiers in Virtual Reality*, 3, 18. <https://doi.org/10.3389/frvir.2022.817303>
- Grossard, C., Grynspan, O., Serret, S., Jouen, A.-L., Bailly, K., & Cohen, D. (2017). Serious games to teach social interactions and emotions to individuals with autism spectrum disorders (ASD). *Computers & Education*, 113, 195–211. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.05.002>
- Guilbaud, P., Sanders, C., Hirsch, M. J., & Guilbaud, T. C. (2022). Social-Emotional Competence for the Greater Good: Exploring the Use of Serious Game, Virtual Reality and Artificial Intelligence to Elicit Prosocial Behaviors and Strengthen Cognitive Abilities of Youth, Adolescents and Educators – A Systematic Review. In J. Y. C. Chen & G. Fragomeni (Eds), *Virtual, Augmented and Mixed Reality: Design and Development* (Vol. 13317, pp. 423–442). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-05939-1_29
- Haleem, A., Javaid, M., Qadri, M. A., & Suman, R. (2022). Understanding the role of digital technologies in education: A review. *Sustainable Operations and Computers*, 3, 275–285. <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2022.05.004>
- Hanghøj, T., Lieberoth, A., & Misfeldt, M. (2018). Can cooperative video games encourage social and motivational inclusion of at-risk

- students? *British Journal of Educational Technology*, 49(4), 775–799. <https://doi.org/10.1111/bjet.12642>
- Harris, D. N., & Sass, T. R. (2011). Teacher training, teacher quality and student achievement. *Journal of Public Economics*, 95(7–8), 798–812. <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2010.11.009>
- Hassan, A., Pinkwart, N., & Shafi, M. (2025). Zirkus Empathico 2.0: A multiplayer serious mobile game for children with autism spectrum disorder (ASD), with a focus on enhancing social and emotional development. *Multimedia Tools and Applications*, 84, 41947–41970. <https://doi.org/10.1007/s11042-025-20826-x>
- Henry, J. D., Von Hippel, W., Molenberghs, P., Lee, T., & Sachdev, P. S. (2016). Clinical assessment of social cognitive function in neurological disorders. *Nature Reviews Neurology*, 12(1), 28–39. <https://doi.org/10.1038/nrneurol.2015.229>
- Hollocks, M. J., Lerh, J. W., Magiati, I., Meiser-Stedman, R., & Brugha, T. S. (2019). Anxiety and depression in adults with autism spectrum disorder: A systematic review and meta-analysis. *Psychological Medicine*, 49(4), 559–572. <https://doi.org/10.1017/S0033291718002283>
- Holmes, W. (2011). Using game-based learning to support struggling readers at home. *Learning, Media and Technology*, 36(1), 5–19. <https://doi.org/10.1080/17439884.2010.531023>
- Hope, S., Shadrin, A. A., Lin, A., Bahrami, S., Rødevand, L., Frei, O., Hübenette, S. J., Cheng, W., Hindley, G., Nag, H., Ulstein, L., Efrim-Budisteanu, M., O’Connell, K., Dale, A. M., Djurovic, S., Nærland, T.,

& Andreassen, O. A. (2023). Bidirectional genetic overlap between autism spectrum disorder and cognitive traits. *Translational Psychiatry*, 13(1), 295. <https://doi.org/10.1038/s41398-023-02563-7>

Hossain, S., Sommer, N., & Adib, N. (2025). *Exploring the Integration of Extended Reality and Artificial Intelligence (AI) for Remote STEM Education and Assessment* (Version 1). arXiv. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2509.03812>

Hostovecky, M., & Tokovska, M. (2025). From Play to Progress: Digital Game-Based Learning in the Education of Students with Intellectual Disabilities. *TEM Journal*, 14 (3), 2302–2309. <https://doi.org/10.18421/TEM143-35>

Howner, K., Andiné, P., Bertilsson, G., Hultcrantz, M., Lindström, E., Mowafi, F., Snellman, A., & Hofvander, B. (2018). Mapping Systematic Reviews on Forensic Psychiatric Care: A Systematic Review Identifying Knowledge Gaps. *Frontiers in Psychiatry*, 9, 452. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2018.00452>

Huang, A., Ranucci, A., Stogsdill, A., Clark, G., Schott, K., Higger, M., Han, Z., & Williams, T. (2024). (Gestures Vaguely): The Effects of Robots' Use of Abstract Pointing Gestures in Large-Scale Environments. *Proceedings of the 2024 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, 293–302. <https://doi.org/10.1145/3610977.3634924>

Hugh, M. L., Ahlers, K., Joshi, M., & Locke, J. (2021). School-Implemented Interventions for Preschool to High School Students with Autism: An

Update on Recent Research. *Current Psychiatry Reports*, 23(9), 54.
<https://doi.org/10.1007/s11920-021-01266-4>

Hughes, C. E., Dieker, L. A., Glavey, E. M., Hines, R. A., Wilkins, I., Ingraham, K., Bukaty, C. A., Ali, K., Shah, S., Murphy, J., & Taylor, M. S. (2022). RAISE: Robotics & AI to improve STEM and social skills for elementary school students. *Frontiers in Virtual Reality*, 3, 968312. <https://doi.org/10.3389/frvir.2022.968312>

Hutchison, A., Barnard-Brak, L., & Renda, C. (2024). Advancing STEM Learning Opportunities for Students with Autism Spectrum Disorder Through an Informal Robotics and Coding Program: A Feasibility Study for an After-School Enrichment Program. *Journal of Technology in Behavioral Science*, 10(3), 484–491.
<https://doi.org/10.1007/s41347-024-00453-3>

Ishaq, K., Azan, N., Rosdi, F., Abid, A., & Ali, Q. (2020). Usefulness of Mobile Assisted Language Learning in Primary Education. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11(1). <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2020.0110148>

Iuculano, T., Rosenberg-Lee, M., Richardson, J., Tenison, C., Fuchs, L., Supekar, K., & Menon, V. (2015). Cognitive tutoring induces widespread neuroplasticity and remediates brain function in children with mathematical learning disabilities. *Nature Communications*, 6(1), 8453. <https://doi.org/10.1038/ncomms9453>

Iverson, J. M. (2018). Early Motor and Communicative Development in Infants With an Older Sibling With Autism Spectrum Disorder.

Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 61(11), 2673–2684. https://doi.org/10.1044/2018_JSLHR-L-RSAUT-18-0035

Jacob, U. S., Edozie, I. S., & Pillay, J. (2022). Strategies for enhancing social skills of individuals with intellectual disability: A systematic review. *Frontiers in Rehabilitation Sciences*, 3, 968314. <https://doi.org/10.3389/fresc.2022.968314>

Jangmo, A., Stålhandske, A., Chang, Z., Chen, Q., Almqvist, C., Feldman, I., Bulik, C. M., Lichtenstein, P., D’Onofrio, B., Kuja-Halkola, R., & Larsson, H. (2019). Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder, School Performance, and Effect of Medication. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 58(4), 423–432. <https://doi.org/10.1016/j.jaac.2018.11.014>

Johnston, D., Egermann, H., & Kearney, G. (2020). SoundFields: A Virtual Reality Game Designed to Address Auditory Hypersensitivity in Individuals with Autism Spectrum Disorder. *Applied Sciences*, 10(9), 2996. <https://doi.org/10.3390/app10092996>

Josseron, L., Mombo, W. T., Maggiacomo, M., Jolly, C., & Clerc, J. (2025). Transfer of motor and strategy learning in children with Developmental Coordination Disorder (DCD): A scoping review. *Research in Developmental Disabilities*, 157, 104908. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2024.104908>

Kálózi-Szabó, C., Mohai, K., & Cottini, M. (2022). Employing Robotics in Education to Enhance Cognitive Development—A Pilot Study. *Sustainability*, 14(23), 15951. <https://doi.org/10.3390/su142315951>

- Kanniappan, V., Muthuperumal, P., Venkataraman, P., Veeragoudhaman, T. S., Chinnasami, B., Muthiah, M., Jayapal Rajeswari, A., Manoharan, M. B., Suresh, S., & Natesan, A. (2024). Impact of model physiotherapy centres in reducing the burden among the caregivers of children with neurodevelopmental disorders in the rural area of Tamil Nadu: A study protocol. *Journal of Health, Population and Nutrition*, 43(1), 210. <https://doi.org/10.1186/s41043-024-00686-1>
- Kasari, C., Shire, S., Shih, W., & Almirall, D. (2021). Getting SMART About Social Skills Interventions for Students With ASD in Inclusive Classrooms. *Exceptional Children*, 88(1), 26–44. <https://doi.org/10.1177/00144029211007148>
- Ke, F., & Moon, J. (2018). Virtual collaborative gaming as social skills training for high-functioning autistic children. *British Journal of Educational Technology*, 49(4), 728–741. <https://doi.org/10.1111/bjet.12626>
- Kert, S. B., Yeni, S., & Fatih Erkoç, M. (2022). Enhancing computational thinking skills of students with disabilities. *Instructional Science*, 50(4), 625–651. <https://doi.org/10.1007/s11251-022-09585-6>
- Khan, Dr. I., Shrivastava, Dr. G., Sharma, Dr. S., Singh, Dr. I., & Sharma, Ms. N. (2024). Understanding Learning Disabilities: Integrating Educational Strategies And Psychological Interventions. *Educational Administration: Theory and Practice*, 30 (4), 1035–1042. <https://doi.org/10.53555/kuey.v30i4.1606>
- Khanlari, A. (2016). Teachers' perceptions of the benefits and the challenges of integrating educational robots into primary/elementary curricula.

European Journal of Engineering Education, 41(3), 320–330.
<https://doi.org/10.1080/03043797.2015.1056106>

Kirst, S., Diehm, R., Bögl, K., Wilde-Etzold, S., Bach, C., Noterdaeme, M., Poustka, L., Ziegler, M., & Dziobek, I. (2022). Fostering socio-emotional competencies in children on the autism spectrum using a parent-assisted serious game: A multicenter randomized controlled trial. *Behaviour Research and Therapy*, 152, 104068.
<https://doi.org/10.1016/j.brat.2022.104068>

Koh, C. (2022). A Qualitative Meta-Analysis on the Use of Serious Games to Support Learners with Intellectual and Developmental Disabilities: What We Know, What We Need to Know and What We Can Do. *International Journal of Disability, Development and Education*, 69(3), 919–950. <https://doi.org/10.1080/1034912X.2020.1746245>

Kok, M., Kal, E., Van Doodewaard, C., Savelsbergh, G., & Van Der Kamp, J. (2021). Tailoring explicit and implicit instruction methods to the verbal working memory capacity of students with special needs can benefit motor learning outcomes in physical education. *Learning and Individual Differences*, 89, 102019.
<https://doi.org/10.1016/j.lindif.2021.102019>

Kokol, P., Vošner, H. B., Završnik, J., Vermeulen, J., Shohieb, S., & Peinemann, F. (2020). Serious Game-based Intervention for Children with Developmental Disabilities. *Current Pediatric Reviews*, 16(1), 26–32.
<https://doi.org/10.2174/1573396315666190808115238>

- Konijn, E. A., Jansen, B., Mondaca Bustos, V., Hobbelink, V. L. N. F., & Preciado Vanegas, D. (2022). Social Robots for (Second) Language Learning in (Migrant) Primary School Children. *International Journal of Social Robotics*, 14(3), 827–843. <https://doi.org/10.1007/s12369-021-00824-3>
- Konstantinidis, A. (2024). An integrative review of the literature on factors influencing student well-being in the learning environment. *International Journal of Educational Research Open*, 7, 100384. <https://doi.org/10.1016/j.ijedro.2024.100384>
- Kotila, A., Hyvärinen, A., Mäkinen, L., Leinonen, E., Hurtig, T., Ebeling, H., Korhonen, V., Kiviniemi, V. J., & Loukusa, S. (2020). Processing of pragmatic communication in ASD: A video-based brain imaging study. *Scientific Reports*, 10(1), 21739. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-78874-2>
- Krämer, S., Möller, J., & Zimmermann, F. (2021). Inclusive Education of Students With General Learning Difficulties: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 91(3), 432–478. <https://doi.org/10.3102/0034654321998072>
- Kucewicz, M. T., Worrell, G. A., & Axmacher, N. (2023). Direct electrical brain stimulation of human memory: Lessons learnt and future perspectives. *Brain*, 146(6), 2214–2226. <https://doi.org/10.1093/brain/awac435>
- Kucian, K., Grond, U., Rotzer, S., Henzi, B., Schönmann, C., Plangger, F., Gälli, M., Martin, E., & Von Aster, M. (2011). Mental number line

- training in children with developmental dyscalculia. *NeuroImage*, 57(3), 782–795. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.01.070>
- Kucian, K., & Von Aster, M. (2015). Developmental dyscalculia. *European Journal of Pediatrics*, 174(1), 1–13. <https://doi.org/10.1007/s00431-014-2455-7>
- Kwok, F. Y., Wilkey, E. D., Peters, L., Khiu, E., Bull, R., Lee, K., & Ansari, D. (2023). Developmental dyscalculia is not associated with atypical brain activation: A univariate fMRI study of arithmetic, magnitude processing, and visuospatial working memory. *Human Brain Mapping*, 44(18), 6308–6325. <https://doi.org/10.1002/hbm.26495>
- Ladd-Acosta, C., Hansen, K. D., Briem, E., Fallin, M. D., Kaufmann, W. E., & Feinberg, A. P. (2014). Common DNA methylation alterations in multiple brain regions in autism. *Molecular Psychiatry*, 19(8), 862–871. <https://doi.org/10.1038/mp.2013.114>
- Lampri, S., Peristeri, E., Marinis, T., & Andreou, M. (2024). Figurative language processing in autism spectrum disorders: A review. *Autism Research*, 17(4), 674–689. <https://doi.org/10.1002/aur.3069>
- Landry, E. (2019). Positive Reinforcement as a Method to Encourage Behavioral Modification. *The FASEB Journal*, 33(S1). https://doi.org/10.1096/fasebj.2019.33.1_supplement.738.16
- Laskay-Horváth, C., Aranyi, G., Pachner, O., Remete, E. P., & Kemény, F. (2025). How Is Reading Related to Working Memory?—A Cross-Sectional Developmental Perspective. *Reading Research Quarterly*, 60(3), e70019. <https://doi.org/10.1002/rrq.70019>

- Latip, A., Andriani, Y., Purnamasari, S., & Abdurrahman, D. (2020). Integration of educational robotic in STEM learning to promote students' collaborative skill. *Journal of Physics: Conference Series*, 1663(1), 012052. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1663/1/012052>
- Lee, H.-J., & Yi, H. (2021). Development of an Onboard Robotic Platform for Embedded Programming Education. *Sensors*, 21(11), 3916. <https://doi.org/10.3390/s21113916>
- Leekam, S. R., Prior, M. R., & Uljarevic, M. (2011). Restricted and repetitive behaviors in autism spectrum disorders: A review of research in the last decade. *Psychological Bulletin*, 137(4), 562–593. <https://doi.org/10.1037/a0023341>
- Leifler, E., Borg, A., & Bölte, S. (2024). A multi-perspective study of Perceived Inclusive Education for students with Neurodevelopmental Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 54(4), 1611–1617. <https://doi.org/10.1007/s10803-022-05643-7>
- Lense, M. D., Ladányi, E., Rabinowitch, T.-C., Trainor, L., & Gordon, R. (2021). Rhythm and timing as vulnerabilities in neurodevelopmental disorders. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 376(1835), 20200327. <https://doi.org/10.1098/rstb.2020.0327>
- Lesort, T., Lomonaco, V., Stoian, A., Maltoni, D., Filliat, D., & Díaz-Rodríguez, N. (2020). Continual learning for robotics: Definition, framework, learning strategies, opportunities and challenges.

Information Fusion, 58, 52–68.
<https://doi.org/10.1016/j.inffus.2019.12.004>

Li, C., Belter, M., Liu, J., & Lukosch, H. (2023). Immersive Virtual Reality Enabled Interventions for Autism Spectrum Disorder: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Electronics*, 12(11), 2497.
<https://doi.org/10.3390/electronics12112497>

Li, Qiu, Li, Ji, Liu, & Li. (2022). Towards a novel machine learning approach to support augmentative and alternative communication (AAC). *International Journal of Speech Technology*, 25(2), 331–341.
<https://doi.org/10.1007/s10772-021-09903-2>

Lin, J., & Chang, W.-R. (2025). Effectiveness of Serious Games as Digital Therapeutics for Enhancing the Abilities of Children With Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD): Systematic Literature Review. *JMIR Serious Games*, 13, e60937.
<https://doi.org/10.2196/60937>

Liu, C., Liang, X., & Sit, C. H. P. (2024). Physical Activity and Mental Health in Children and Adolescents With Neurodevelopmental Disorders: A Systematic Review and Meta-Analysis. *JAMA Pediatrics*, 178(3), 247. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2023.6251>

Liu, C., Townes, P., Panesar, P., Lee, S. Y., Devoe, D., Arnold, P., Crosbie, J., & Schachar, R. (2024). Executive Function in ADHD and ASD: A Scoping Review. *Review Journal of Autism and Developmental Disorders*. <https://doi.org/10.1007/s40489-024-00444-3>

Long, H. M., & Bouck, E. C. (2023). Calculators and Online Games: Supporting Students With Learning Disabilities in Mathematics.

Intervention in School and Clinic, 58(4), 280–286.
<https://doi.org/10.1177/10534512221093787>

Loomes, R., Hull, L., & Mandy, W. P. L. (2017). What Is the Male-to-Female Ratio in Autism Spectrum Disorder? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 56(6), 466–474.
<https://doi.org/10.1016/j.jaac.2017.03.013>

Lopes, P. N., Salovey, P., & Straus, R. (2003). Emotional intelligence, personality, and the perceived quality of social relationships. *Personality and Individual Differences*, 35(3), 641–658.
[https://doi.org/10.1016/S0191-8869\(02\)00242-8](https://doi.org/10.1016/S0191-8869(02)00242-8)

Lopez-Caudana, E., Ramirez-Montoya, M. S., Martínez-Pérez, S., & Rodríguez-Abitia, G. (2020). Using Robotics to Enhance Active Learning in Mathematics: A Multi-Scenario Study. *Mathematics*, 8(12), 2163. <https://doi.org/10.3390/math8122163>

López-Sastre, R. J., Baptista-Ríos, M., Acevedo-Rodríguez, F. J., Pacheco-da-Costa, S., Maldonado-Bascón, S., & Lafuente-Arroyo, S. (2021). A Low-Cost Assistive Robot for Children with Neurodevelopmental Disorders to Aid in Daily Living Activities. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(8), 3974.
<https://doi.org/10.3390/ijerph18083974>

Lord, C., Elsabbagh, M., Baird, G., & Veenstra-Vanderweele, J. (2018). Autism spectrum disorder. *The Lancet*, 392(10146), 508–520.
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31129-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31129-2)

- Löytömäki, J., Ohtonen, P., & Huttunen, K. (2024). Serious game the Emotion Detectives helps to improve social–emotional skills of children with neurodevelopmental disorders. *British Journal of Educational Technology*, 55(3), 1126–1144. <https://doi.org/10.1111/bjet.13420>
- Lugo-Marín, J., Magán-Maganto, M., Rivero-Santana, A., Cuellar-Pompa, L., Alviani, M., Jenaro-Rio, C., Díez, E., & Canal-Bedia, R. (2019). Prevalence of psychiatric disorders in adults with autism spectrum disorder: A systematic review and meta-analysis. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 59, 22–33. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2018.12.004>
- Lyu, Y., Liu, D., An, P., Tong, X., Zhang, H., Katsuragawa, K., & Zhao, J. (2024). EMooly: Supporting Autistic Children in Collaborative Social-Emotional Learning with Caregiver Participation through Interactive AI-infused and AR Activities. *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, 8(4), 1–36. <https://doi.org/10.1145/3699738>
- Ma, Y., Williams, D., Prejean, L., & Richard, C. (2007). A research agenda for developing and implementing educational computer games. *British Journal of Educational Technology*, 38(3), 513–518. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2007.00714.x>
- Maddalon, L., Minissi, M. E., Parsons, T., Hervas, A., & Alcaniz, M. (2024). Exploring Adaptive Virtual Reality Systems Used in Interventions for Children With Autism Spectrum Disorder: Systematic Review.

Journal of Medical Internet Research, 26, e57093.
<https://doi.org/10.2196/57093>

Maenner, M. J., Shaw, K. A., Bakian, A. V., Bilder, D. A., Durkin, M. S., Esler, A., Furnier, S. M., Hallas, L., Hall-Lande, J., Hudson, A., Hughes, M. M., Patrick, M., Pierce, K., Poynter, J. N., Salinas, A., Shenouda, J., Vehorn, A., Warren, Z., Constantino, J. N., ... Cogswell, M. E. (2021). Prevalence and Characteristics of Autism Spectrum Disorder Among Children Aged 8 Years—Autism and Developmental Disabilities Monitoring Network, 11 Sites, United States, 2018. *MMWR. Surveillance Summaries*, 70(11), 1–16.
<https://doi.org/10.15585/mmwr.ss7011a1>

Magar, S. T., Suk, H., & Laine, T. H. (2025). User Experience of Virtual Human and Immersive Virtual Reality Role-Playing in Psychological Testing and Assessment: A Case Study of ‘EmpathyVR’. *Sensors*, 25(9), 2719. <https://doi.org/10.3390/s25092719>

Malik, M. A., Faraone, S. V., Michoel, T., & Haavik, J. (2023). Use of big data and machine learning algorithms to extract possible treatment targets in neurodevelopmental disorders. *Pharmacology & Therapeutics*, 250, 108530.
<https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2023.108530>

Marco, J., Cerezo, E., & Baldassarri, S. (2013). Bringing tabletop technology to all: Evaluating a tangible farm game with kindergarten and special needs children. *Personal and Ubiquitous Computing*, 17(8), 1577–1591. <https://doi.org/10.1007/s00779-012-0522-5>

- Martinez, K., Menéndez-Menéndez, M. I., & Bustillo, A. (2021). Awareness, Prevention, Detection, and Therapy Applications for Depression and Anxiety in Serious Games for Children and Adolescents: Systematic Review. *JMIR Serious Games*, 9(4), e30482. <https://doi.org/10.2196/30482>
- Martínez-Pernía, D., Olavarria, L., Fernández-Manjón, B., Cabello, V., Henríquez, F., Robert, P., Alvarado, L., Barría, S., Antivilo, A., Velasquez, J., Cerda, M., Farías, G., Torralva, T., Ibáñez, A., Parra, M. A., Gilbert, S., & Slachevsky, A. (2025). The limitations and challenges in the assessment of executive dysfunction associated with real-world functioning: The opportunity of serious games. *Applied Neuropsychology: Adult*, 32(2), 557–573. <https://doi.org/10.1080/23279095.2023.2174438>
- Masoudi, B. (2025). Wavelet-Attention deep model for pediatric ADHD diagnosis via EEG. *Applied Neuropsychology: Child*, 1–11. <https://doi.org/10.1080/21622965.2025.2535017>
- Mattie, L. J., Loveall, S. J., Channell, M. M., & Rodgers, D. B. (2023). Perspectives on adaptive functioning and intellectual functioning measures for intellectual disabilities behavioral research. *Frontiers in Psychology*, 14, 1084576. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1084576>
- May, T., Brignell, A., & Williams, K. (2020). Autism Spectrum Disorder Prevalence in Children Aged 12–13 Years From the Longitudinal Study of Australian Children. *Autism Research*, 13(5), 821–827. <https://doi.org/10.1002/aur.2286>

- Mazefsky, C. A., Herrington, J., Siegel, M., Scarpa, A., Maddox, B. B., Scahill, L., & White, S. W. (2013). The Role of Emotion Regulation in Autism Spectrum Disorder. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 52(7), 679–688. <https://doi.org/10.1016/j.jaac.2013.05.006>
- McCloskey, M., & Rapp, B. (2017). Developmental dysgraphia: An overview and framework for research. *Cognitive Neuropsychology*, 34(3–4), 65–82. <https://doi.org/10.1080/02643294.2017.1369016>
- McDonnell, C. G., DeLucia, E. A., Hayden, E. P., Penner, M., Curcin, K., Anagnostou, E., Nicolson, R., Kelley, E., Georgiades, S., Liu, X., & Stevenson, R. A. (2021). Sex Differences in Age of Diagnosis and First Concern among Children with Autism Spectrum Disorder. *Journal of Clinical Child & Adolescent Psychology*, 50(5), 645–655. <https://doi.org/10.1080/15374416.2020.1823850>
- Mehdi Rezaee, M. R., Mohammad Effatpanah, M. E., Mohamad Mahdi Nasehi, M. M. N., Ghamkhar, L., & Nazanin Barati, N. B. (2025). Assessing the Impact of Neurofeedback on Cognitive Function in Individuals with Autism Spectrum Disorder. *Iranian Journal of Child Neurology*, 19(2), 27–37. <https://doi.org/10.22037/ijcn.v19i2.46578>
- Melby-Lervåg, M., & Hulme, C. (2013). Is working memory training effective? A meta-analytic review. *Developmental Psychology*, 49(2), 270–291. <https://doi.org/10.1037/a0028228>
- Mihova, P., Stankova, M., Andonov, F., & Stoyanov, S. (2023). The Use of Serious Games for Developing Social and Communication Skills in

Children with Autism Spectrum Disorders—Review. In C. P. Lim, A. Vaidya, Y.-W. Chen, V. Jain, & L. C. Jain (Eds), *Artificial Intelligence and Machine Learning for Healthcare* (Vol. 229, pp. 181–196). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-11170-9_7

Mitsea, E., Drigas, A., & Skianis, C. (2025). A Systematic Review of Serious Games in the Era of Artificial Intelligence, Immersive Technologies, the Metaverse, and Neurotechnologies: Transformation Through Meta-Skills Training. *Electronics*, 14(4), 649. <https://doi.org/10.3390/electronics14040649>

Mittmann, G., Barnard, A., Zehetmayer, S., Wimmer, S., Zehetner, V., Doerfler, S., Woodcock, K., & Schrank, B. (2024). A Serious Game for Emotion Regulation in Adolescents: Player Experience and Pilot Feasibility Study. *International Journal of Game-Based Learning*, 14(1), 1–17. <https://doi.org/10.4018/IJGBL.358940>

Mohammed, S., & Malhotra, N. (2025). Ethical and regulatory challenges in machine learning-based healthcare systems: A review of implementation barriers and future directions. *BenchCouncil Transactions on Benchmarks, Standards and Evaluations*, 5(1), 100215. <https://doi.org/10.1016/j.tbench.2025.100215>

Mohd Syah, N. E., Hamzaid, N. A., Murphy, B. P., & Lim, E. (2016). Development of computer play pedagogy intervention for children with low conceptual understanding in basic mathematics operation using the dyscalculia feature approach. *Interactive Learning*

Environments, 24(7), 1477–1496.

<https://doi.org/10.1080/10494820.2015.1023205>

Molko, N., Cachia, A., Rivière, D., Mangin, J.-F., Bruandet, M., Le Bihan, D.,

Cohen, L., & Dehaene, S. (2003). Functional and Structural Alterations of the Intraparietal Sulcus in a Developmental Dyscalculia of Genetic Origin. *Neuron*, 40(4), 847–858.

[https://doi.org/10.1016/S0896-6273\(03\)00670-6](https://doi.org/10.1016/S0896-6273(03)00670-6)

Mondada, F., Bonani, M., Riedo, F., Briod, M., Pereyre, L., Retornaz, P., &

Magnenat, S. (2017). Bringing Robotics to Formal Education: The Thymio Open-Source Hardware Robot. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 24(1), 77–85.

<https://doi.org/10.1109/MRA.2016.2636372>

Morningstar, M. E., Shogren, K. A., Lee, H., & Born, K. (2015). Preliminary

Lessons About Supporting Participation and Learning in Inclusive Classrooms. *Research and Practice for Persons with Severe Disabilities*, 40(3), 192–210.

<https://doi.org/10.1177/1540796915594158>

Mottron, L. (2021). A radical change in our autism research strategy is

needed: Back to prototypes. *Autism Research*, 14(10), 2213–2220.

<https://doi.org/10.1002/aur.2494>

Muñoz, L., Villarreal, V., Morales, I., Gonzalez, J., & Nielsen, M. (2020).

Developing an Interactive Environment through the Teaching of Mathematics with Small Robots. *Sensors*, 20(7), 1935.

<https://doi.org/10.3390/s20071935>

- Musicco, A. T., Berardinetti, V., & Toto, G. A. (2024). Robotica educativa e didattica inclusiva. Un futuro accessibile per lo sviluppo delle competenze emotive negli studenti. *Medical Humanities & Medicina Narrativa*, 2/2024, 241–257. <https://doi.org/10.53136/979122181616715>
- Nadeem, M., Barakat, J. M. H., Daas, D., & Potams, A. (2025). A Review of Socially Assistive Robotics in Supporting Children with Autism Spectrum Disorder. *Multimodal Technologies and Interaction*, 9(9), 98. <https://doi.org/10.3390/mti9090098>
- Naeem, M., & Coronato, A. (2022). An AI-Empowered Home-Infrastructure to Minimize Medication Errors. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 11(1), 13. <https://doi.org/10.3390/jsan11010013>
- Naeem, M., Coronato, A., & Paragliola, G. (2019). Adaptive Treatment Assisting System for Patients Using Machine Learning. *2019 Sixth International Conference on Social Networks Analysis, Management and Security (SNAMS)*, 460–465. <https://doi.org/10.1109/SNAMS.2019.8931857>
- Nijman, S. A., Pijnenborg, G. H. M., Vermeer, R. R., Zandee, C. E. R., Zandstra, D. C., Van Der Vorm, D., De Wit - De Visser, A. C., Meins, I. A., Geraets, C. N. W., & Veling, W. (2023). Dynamic Interactive Social Cognition Training in Virtual Reality (DiSCoVR) versus Virtual Reality Relaxation (VR Relax) for People With a Psychotic Disorder: A Single-Blind Multicenter Randomized Controlled Trial. *Schizophrenia Bulletin*, 49(2), 518–530. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbac166>

- Noveletto, F., Hounsell, M. D. S., Soares, A. V., Eichinger, F. L. F., Sagawa, Y., & Bertemes Filho, P. (2018). Stronger: A serious game framework for post-stroke rehabilitation. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 61, e487. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2018.05.1135>
- Obrenovic, B., Gu, X., Wang, G., Godinic, D., & Jakhongirov, I. (2025). Generative AI and human–robot interaction: Implications and future agenda for business, society and ethics. *AI & SOCIETY*, 40(2), 677–690. <https://doi.org/10.1007/s00146-024-01889-0>
- Ojeda-Castelo, J. J., Piedra-Fernandez, J. A., & Iribarne, L. (2021). A device–interaction model for users with special needs. *Multimedia Tools and Applications*, 80(5), 6675–6710. <https://doi.org/10.1007/s11042-020-10026-0>
- Olabisi Oluwakemi Adeleye, Chima Abimbola Eden, & Idowu Sulaimon Adeniyi. (2024). Innovative teaching methodologies in the era of artificial intelligence: A review of inclusive educational practices. *World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences*, 11(2), 069–079. <https://doi.org/10.30574/wjaets.2024.11.2.0091>
- Oliech Owidi, S., K. Omieno, K., & Nabwire Lyanda, J. (2024). Exploring the Potential of Immersive Technologies to Enhance Online Learning Experiences and Engagement: A Systematic Literature Review. *International Journal of Innovative Science and Research Technology (IJISRT)*, 9, 1862–1871. <https://doi.org/10.38124/ijisrt/IJISRT24SEP1144>
- Ouyang, F., & Xu, W. (2024). The effects of educational robotics in STEM education: A multilevel meta-analysis. *International Journal of*

STEM Education, 11(1), 7. <https://doi.org/10.1186/s40594-024-00469-4>

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372:n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

Panceri, J. A. C., Freitas, É., De Souza, J. C., Da Luz Schreider, S., Caldeira, E., & Bastos, T. F. (2021). A New Socially Assistive Robot with Integrated Serious Games for Therapies with Children with Autism Spectrum Disorder and Down Syndrome: A Pilot Study. *Sensors*, 21(24), 8414. <https://doi.org/10.3390/s21248414>

Papadakis, S. (2020). Robots and Robotics Kits for Early Childhood and First School Age. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, 14(18), 34. <https://doi.org/10.3991/ijim.v14i18.16631>

Parenti, I., Rabaneda, L. G., Schoen, H., & Novarino, G. (2020). Neurodevelopmental Disorders: From Genetics to Functional Pathways. *Trends in Neurosciences*, 43(8), 608–621. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2020.05.004>

Passaro, A., Zullo, A., Di Gioia, M., Curcio, E., & Stasolla, F. (2024). A Narrative Review on the Use of Eye-Tracking in Rett Syndrome:

Implications for Diagnosis and Treatment. *OBM Genetics*, 08(03), 1–15. <https://doi.org/10.21926/obm.genet.2403250>

Pellas, N. (2023). Exploring relationships among students' computational thinking skills, emotions, and cognitive load using simulation games in primary education. *Journal of Computer Assisted Learning*, 39(5), 1576–1590. <https://doi.org/10.1111/jcal.12819>

Pellicano, E., & Den Houting, J. (2022). Annual Research Review: Shifting from 'normal science' to neurodiversity in autism science. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 63(4), 381–396. <https://doi.org/10.1111/jcpp.13534>

Pennisi, P., Tonacci, A., Tartarisco, G., Billeci, L., Ruta, L., Gangemi, S., & Pioggia, G. (2016). Autism and social robotics: A systematic review. *Autism Research*, 9(2), 165–183. <https://doi.org/10.1002/aur.1527>

Pentz, M. A., Hieftje, K. D., Pendergrass, T. M., Brito, S. A., Liu, M., Arora, T., Tindle, H. A., Krishnan-Sarin, S., & Fiellin, L. E. (2019). A videogame intervention for tobacco product use prevention in adolescents. *Addictive Behaviors*, 91, 188–192. <https://doi.org/10.1016/j.addbeh.2018.11.016>

Pérez, J., Castro, M., & López, G. (2023). Serious Games and AI: Challenges and Opportunities for Computational Social Science. *IEEE Access*, 11, 62051–62061. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3286695>

Perez-Munoz, A., Ingavelez-Guerra, P., & Robles-Bykbaev, Y. (2018). New approach of serious games in ludic complements created for rehabilitation therapies in children with disabilities using Kinect. *2018 IEEE XXV International Conference on Electronics, Electrical*

Engineering and Computing (INTERCON), 1–4.

<https://doi.org/10.1109/INTERCON.2018.8526464>

Perez-Vazquez, E., Lledo, G. L., & Cerda, A. G. (2022). Bee-bot robot in the use of executive functions in students with ASD: A pilot study. 2022 *XII International Conference on Virtual Campus (JICV)*, 1–4.

<https://doi.org/10.1109/JICV56113.2022.9934286>

Petit, N., Geoffray Cassar, M.-M., & Baltazar, M. (2025). Some (but not all) Pragmatic Inferences are Difficult for Autistic Children. *Journal of Autism and Developmental Disorders*.

<https://doi.org/10.1007/s10803-025-06838-4>

Pivetti, M., Di Battista, S., Agatolio, F., Simaku, B., Moro, M., & Menegatti, E. (2020). Educational Robotics for children with neurodevelopmental disorders: A systematic review. *Heliyon*, 6(10),

e05160. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05160>

Ponticorvo, M., Rubinacci, F., Dell'Aquila, E., & Marocco, D. (2022). Coding and educational robotics with peers: The CoD1NC experience to foster inclusion. *Frontiers in Robotics and AI*, 9, 825536.

<https://doi.org/10.3389/frobt.2022.825536>

Ponticorvo, M., Rubinacci, F., Marocco, D., Truglio, F., & Miglino, O. (2020). Educational Robotics to Foster and Assess Social Relations in Students' Groups. *Frontiers in Robotics and AI*, 7, 78.

<https://doi.org/10.3389/frobt.2020.00078>

Pontikas, C.-M., Tsoukalas, E., & Serdari, A. (2022). A map of assistive technology educative instruments in neurodevelopmental disorders.

Disability and Rehabilitation: Assistive Technology, 17(7), 738–746.

<https://doi.org/10.1080/17483107.2020.1839580>

Porayska-Pomsta, K., Alcorn, A. M., Avramides, K., Beale, S., Bernardini, S., Foster, M. E., Frauenberger, C., Good, J., Guldberg, K., Keay-Bright, W., Kossyvaki, L., Lemon, O., Mademtzi, M., Menzies, R., Pain, H., Rajendran, G., Waller, A., Wass, S., & Smith, T. J. (2018). Blending Human and Artificial Intelligence to Support Autistic Children's Social Communication Skills. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 25(6), 1–35. <https://doi.org/10.1145/3271484>

Posner, J., Polanczyk, G. V., & Sonuga-Barke, E. (2020). Attention-deficit hyperactivity disorder. *The Lancet*, 395(10222), 450–462. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)33004-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)33004-1)

Price, G., & Ansari, D. (2013). Dyscalculia: Characteristics, Causes, and Treatments. *Numeracy*, 6(1), Article 2. <https://doi.org/10.5038/1936-4660.6.1.2>

Puffy: A Mobile Inflatable Interactive Companion for Children with Neurodevelopmental Disorder. (2017). In F. Garzotto, M. Gelsomini, & Y. Kioe, *Lecture Notes in Computer Science* (Vol. 10514, pp. 467–492). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67684-5_29

Quirantes-Gutierrez, G., Estévez, Á. F., Artés Ordoño, G., & López-Crespo, G. (2025). Design of an Emotional Facial Recognition Task in a 3D Environment. *Computers*, 14(4), 153. <https://doi.org/10.3390/computers14040153>

- Rau, S., Skapek, M. F., Tiplady, K., Seese, S., Burns, A., Armour, A. C., & Kenworthy, L. (2020). Identifying comorbid ADHD in autism: Attending to the inattentive presentation. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 69, 101468. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2019.101468>
- Riedmann, A., Schaper, P., & Lugin, B. (2024). Integration of a social robot and gamification in adult learning and effects on motivation, engagement and performance. *AI & SOCIETY*, 39(1), 369–388. <https://doi.org/10.1007/s00146-022-01514-y>
- Rinaldi, A., Marins Martins, M. C., De Almeida Martins Oliveira, A. C., Rinaldi, S., & Fontani, V. (2023). Improving Functional Abilities in Children and Adolescents with Autism Spectrum Disorder Using Non-Invasive REAC Neuro Psycho Physical Optimization Treatments: A PEDI-CAT Study. *Journal of Personalized Medicine*, 13(5), 792. <https://doi.org/10.3390/jpm13050792>
- Rivella, C., Bazzurro, A., Olla, V., Potente, C., Vio, C., Viterbori, P., & Usai, M. C. (2024). Impact of Distractors on Sustained Attention and Inhibition in Children With ADHD. *Journal of Attention Disorders*, 28(6), 970–981. <https://doi.org/10.1177/10870547231218932>
- Roberto Padovani & Gaia Iori. (2011). La riabilitazione della conversazione. Lo spettro autistico, l'approccio pragmatico e una proposta clinica di intervento. *Psicologia clinica dello sviluppo*, 1, 267. <https://doi.org/10.1449/34607>

- Roberts-Yates, C., & Silvera-Tawil, D. (2019). *Better Education Opportunities for Students with Autism and Intellectual Disabilities Through Digital Technology*. 34(1).
- Robins, B., Dautenhahn, K., & Nadel, J. (2018). Kaspar, the social robot and ways it may help children with autism – an overview: *Enfance*, N° 1(1), 91–102. <https://doi.org/10.3917/enf2.181.0091>
- Romero, V., Melendez-Armenta, R. A., & Ponce, H. (2024). Using Social Robotics to Identify Educational Behavior: A Survey. *Electronics*, 13(19), 3956. <https://doi.org/10.3390/electronics13193956>
- Rosenblum, S., & Dror, G. (2017). Identifying Developmental Dysgraphia Characteristics Utilizing Handwriting Classification Methods. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 47(2), 293–298. <https://doi.org/10.1109/THMS.2016.2628799>
- Rubinsten, O., & Tannock, R. (2010). Mathematics anxiety in children with developmental dyscalculia. *Behavioral and Brain Functions*, 6(1), 46. <https://doi.org/10.1186/1744-9081-6-46>
- Ruggeri, F. (2025). SVILUPPARE LA COMPETENZA LINGUISTICA IN ITALIANO LS TRAMITE IL FEEDBACK INDIRETTO E LE TECNOLOGIE DIGITALI. *Italiano LinguaDue*, 16(2), 933–960. <https://doi.org/10.54103/2037-3597/27898>
- Rulyansah, A. (2023). Reconnecting Learning: An Educational Alternative For Dyscalculia Children In Elementary School. *Elementary School: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Ke-SD-An*, 10(1), 15. <https://doi.org/10.31316/esjurnal.v10i1.4114>

- Ružić, I., & Balaban, I. (2024). The use of social robots as teaching assistants in schools: Implications for research and practice. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 24(78), 29. <https://doi.org/10.6018/red.600771>
- Ryalat, M., Almtireen, N., Al-refai, G., Elmoaqet, H., & Rawashdeh, N. (2025). Research and Education in Robotics: A Comprehensive Review, Trends, Challenges, and Future Directions. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 14(4), 76. <https://doi.org/10.3390/jsan14040076>
- Ryan Dunn, C., Dorsch, T. E., King, M. Q., & Rothlisberger, K. J. (2016). The Impact of Family Financial Investment on Perceived Parent Pressure and Child Enjoyment and Commitment in Organized Youth Sport. *Family Relations*, 65(2), 287–299. <https://doi.org/10.1111/fare.12193>
- Saber-Moghadam, R., Zeinalzadeh, A., Jamali, J., Farzadfard, M. T., & Sobhani-Rad, D. (2024). Synergistic effects of combined motor and language interventions on stroke rehabilitation: A holistic approach. *Frontiers in Human Neuroscience*, 18, 1454491. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2024.1454491>
- Saddler, B., Asaro-Saddler, K., Moeyaert, M., & Cuccio-Slichko, J. (2019). Teaching Summary Writing to Students with Learning Disabilities via Strategy Instruction. *Reading & Writing Quarterly*, 35(6), 572–586. <https://doi.org/10.1080/10573569.2019.1600085>
- Sadozai, A. K., Sun, C., Demetriou, E. A., Lampit, A., Munro, M., Perry, N., Boulton, K. A., & Guastella, A. J. (2024). Executive function in

children with neurodevelopmental conditions: A systematic review and meta-analysis. *Nature Human Behaviour*, 8(12), 2357–2366. <https://doi.org/10.1038/s41562-024-02000-9>

Safi, M. F., Al Sadrani, B., & Mustafa, A. (2023). Virtual voice assistant applications improved expressive verbal abilities and social interactions in children with autism spectrum disorder: A Single-Subject experimental study. *International Journal of Developmental Disabilities*, 69(4), 555–567. <https://doi.org/10.1080/20473869.2021.1977596>

Salas-Pilco, S. Z. (2020). The impact of AI and robotics on physical, social-emotional and intellectual learning outcomes: An integrated analytical framework. *British Journal of Educational Technology*, 51(5), 1808–1825. <https://doi.org/10.1111/bjet.12984>

Salgarayeva, G. I., Iliysova, G. G., Makhanova, A. S., & Abdrayimov, Rakhymzhan T. (2021). The Effects of Using Digital Game Based Learning in Primary Classes with Inclusive Education. *European Journal of Contemporary Education*, 10(2), 12. <https://doi.org/10.13187/ejced.2021.2.450>

Salhi, I., Gouraguine, S., Qbadou, M., & Mansouri, K. (2022). A Socially Assistive Robot Therapy for Pedagogical Rehabilitation of Autistic Learners. *2022 2nd International Conference on Innovative Research in Applied Science, Engineering and Technology (IRASET)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/iraset52964.2022.9738313>

Salma, Z., Hijón-Neira, R., Pizarro, C., & Abdul Moqet, A. (2025). Effectiveness of Robot-Mediated Learning in Fostering Children's

Social and Cognitive Development. *Applied Sciences*, 15(7), 3567.
<https://doi.org/10.3390/app15073567>

Sannicandro, K., De Santis, A., Bellini, C., & Minerva, T. (2022). A scoping review on the relationship between robotics in educational contexts and e-health. *Frontiers in Education*, 7, 955572.
<https://doi.org/10.3389/feduc.2022.955572>

Schadenberg, B. R., Reidsma, D., Evers, V., Davison, D. P., Li, J. J., Heylen, D. K. J., Neves, C., Alvito, P., Shen, J., Pantić, M., Schuller, B. W., Cummins, N., Olaru, V., Sminchisescu, C., Dimitrijević, S. B., Petrović, S., Baranger, A., Williams, A., Alcorn, A. M., & Pellicano, E. (2021). Predictable Robots for Autistic Children—Variance in Robot Behaviour, Idiosyncrasies in Autistic Children’s Characteristics, and Child–Robot Engagement. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 28(5), 1–42. <https://doi.org/10.1145/3468849>

Schalock, R. L., Keith, K. D., Verdugo, M. Á., & Gómez, L. E. (2010). Quality of Life Model Development and Use in the Field of Intellectual Disability. In R. Kober (Ed.), *Enhancing the Quality of Life of People with Intellectual Disabilities* (Vol. 41, pp. 17–32). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-90-481-9650-0_2

Schalock, R. L., Luckasson, R., & Tassé, M. J. (2021). An Overview of *Intellectual Disability: Definition, Diagnosis, Classification, and Systems of Supports* (12th ed.). *American Journal on Intellectual and Developmental Disabilities*, 126(6), 439–442.
<https://doi.org/10.1352/1944-7558-126.6.439>

- Scherf, K. S., Griffin, J. W., Geier, C. F., & Smyth, J. M. (2024). Social visual attention as a treatment outcome: Evaluating the social games for autistic adolescents (SAGA) intervention. *Scientific Reports*, *14*(1), 619. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-51332-z>
- Schiavo, F., Campitiello, L., Todino, M. D., & Di Tore, P. A. (2024). Educational Robots, Emotion Recognition and ASD: New Horizon in Special Education. *Education Sciences*, *14*(3), 258. <https://doi.org/10.3390/educsci14030258>
- Sechi, C., Vismara, L., Rollè, L., Prino, L. E., & Lucarelli, L. (2020). First-Time Mothers' and Fathers' Developmental Changes in the Perception of Their Daughters' and Sons' Temperament: Its Association With Parents' Mental Health. *Frontiers in Psychology*, *11*, 2066. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.02066>
- Selau, T., Da Silva, M. A., De Mendonça Filho, E. J., & Bandeira, D. R. (2020). Evidence of validity and reliability of the adaptive functioning scale for intellectual disability (EFA-DI). *Psicologia: Reflexão e Crítica*, *33*(1), 26. <https://doi.org/10.1186/s41155-020-00164-7>
- Serret, S., Hun, S., Iakimova, G., Lozada, J., Anastassova, M., Santos, A., Vesperini, S., & Askenazy, F. (2014). Facing the challenge of teaching emotions to individuals with low- and high-functioning autism using a new Serious game: A pilot study. *Molecular Autism*, *5*(1), 37. <https://doi.org/10.1186/2040-2392-5-37>
- Sethi, S. S., & Jain, K. (2024). AI technologies for social emotional learning: Recent research and future directions. *Journal of Research in*

Innovative Teaching & Learning, 17(2), 213–225.
<https://doi.org/10.1108/JRIT-03-2024-0073>

Shams, Z., Kashani-Vahid, L., & Moradi, H. (2020). Comparing the Effectiveness of “EmoGalaxy Video Game” with “Card games” on Emotion Regulation of Children with Autism Spectrum Disorder. *2020 International Serious Games Symposium (ISGS)*, 94–98.
<https://doi.org/10.1109/ISGS51981.2020.9375321>

Sharma, S. R., Gonda, X., & Tarazi, F. I. (2018). Autism Spectrum Disorder: Classification, diagnosis and therapy. *Pharmacology & Therapeutics*, 190, 91–104.
<https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2018.05.007>

Shen, Y., Zhang, H., & Zhao, J. (2018). Integrating shared autonomous vehicle in public transportation system: A supply-side simulation of the first-mile service in Singapore. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 113, 125–136.
<https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.04.004>

Shi, J. (2022). Innovating the Instruction of Mathematical Concepts: How Does the Integrated Use of Digital Games and Language-Based Teaching Matter? *Frontiers in Psychology*, 13, 858442.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.858442>

Sievers, T. (2025). *A Humanoid Social Robot as a Teaching Assistant in the Classroom* (Version 1). arXiv.
<https://doi.org/10.48550/ARXIV.2508.05646>

Silva, P. C., Nuno Vicente, P., & Valente Rodrigues, A. (2025). Development of Serious Games for Science Assessment Using Educational Design

Research. *International Journal of Serious Games*, 12(2), 5–36.
<https://doi.org/10.17083/ijsg.v12i2.854>

Silva, Souto, J. J. D. S., Fernandes, T. P., Bolis, I., & Santos, N. A. (2021). Interventions with Serious Games and Entertainment Games in Autism Spectrum Disorder: A Systematic Review. *Developmental Neuropsychology*, 46(7), 463–485.
<https://doi.org/10.1080/87565641.2021.1981905>

Silvera-Tawil, D., Bradford, D., & Roberts-Yates, C. (2018). Talk to Me: The Role of Human-Robot Interaction in Improving Verbal Communication Skills in Students with Autism or Intellectual Disability. *2018 27th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)*, 1–6.
<https://doi.org/10.1109/roman.2018.8525698>

Simões, M., Bernardes, M., Barros, F., & Castelo-Branco, M. (2018). Virtual Travel Training for Autism Spectrum Disorder: Proof-of-Concept Interventional Study. *JMIR Serious Games*, 6(1), e5.
<https://doi.org/10.2196/games.8428>

Smits-Engelsman, B. C. M., & Van Galen, G. P. (1997). Dysgraphia in Children: Lasting Psychomotor Deficiency or Transient Developmental Delay? *Journal of Experimental Child Psychology*, 67(2), 164–184. <https://doi.org/10.1006/jecp.1997.2400>

Snowling, M. J., Hulme, C., & Nation, K. (2020). Defining and understanding dyslexia: Past, present and future. *Oxford Review of Education*, 46(4), 501–513.
<https://doi.org/10.1080/03054985.2020.1765756>

- Song, C., Jiang, Z.-Q., Liu, D., & Wu, L.-L. (2022). Application and research progress of machine learning in the diagnosis and treatment of neurodevelopmental disorders in children. *Frontiers in Psychiatry*, 13, 960672. <https://doi.org/10.3389/fpsyt.2022.960672>
- Sonuga-Barke, E. J. S., Brandeis, D., Cortese, S., Daley, D., Ferrin, M., Holtmann, M., Stevenson, J., Danckaerts, M., Van Der Oord, S., Döpfner, M., Dittmann, R. W., Simonoff, E., Zuddas, A., Banaschewski, T., Buitelaar, J., Coghill, D., Hollis, C., Konofal, E., Lecendreux, M., ... European ADHD Guidelines Group. (2013). Nonpharmacological Interventions for ADHD: Systematic Review and Meta-Analyses of Randomized Controlled Trials of Dietary and Psychological Treatments. *American Journal of Psychiatry*, 170(3), 275–289. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.2012.12070991>
- Soto-Icaza, P., Aboitiz, F., & Billeke, P. (2015). Development of social skills in children: Neural and behavioral evidence for the elaboration of cognitive models. *Frontiers in Neuroscience*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnins.2015.00333>
- Stasolla, F., Akbar, K., Passaro, A., Dragone, M., Di Gioia, M., & Zullo, A. (2024). Integrating reinforcement learning and serious games to support people with rare genetic diseases and neurodevelopmental disorders: Outcomes on parents and caregivers. *Frontiers in Psychology*, 15, 1372769. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1372769>
- Stasolla, F., Caffò, A. O., Perilli, V., & Albano, V. (2019). Experimental Examination and Social Validation of a Microswitch Intervention to

Improve Choice-Making and Activity Engagement for Six Girls with Rett Syndrome. *Developmental Neurorehabilitation*, 22(8), 527–541. <https://doi.org/10.1080/17518423.2019.1624655>

Stasolla, F., & Ciarmoli, D. (2022). New Technologies to Support Adaptive Responding in Children and Adolescents With Neurodevelopmental Disorders: In F. Stasolla (Ed.), *Advances in Medical Technologies and Clinical Practice* (pp. 114–130). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-7430-0.ch006>

Stasolla, F., Curcio, E., Borgese, A., Passaro, A., Di Gioia, M., Zullo, A., & Martini, E. (2025). Educational Robotics and Game-Based Interventions for Overcoming Dyscalculia: A Pilot Study. *Computers*, 14(5), 201. <https://doi.org/10.3390/computers14050201>

Stasolla, F., Curcio, E., Passaro, A., Di Gioia, M., Zullo, A., & Martini, E. (2025). Exploring the Combination of Serious Games, Social Interactions, and Virtual Reality in Adolescents with ASD: A Scoping Review. *Technologies*, 13(2), 76. <https://doi.org/10.3390/technologies13020076>

Stasolla, F., Curcio, E., Zullo, A., Passaro, A., & Gioia, M. D. (2024). *Integrating Artificial Intelligence-based programs into Autism Therapy: Innovations for Personalized Rehabilitation*. 169–176. <https://doi.org/10.15439/2024F6229>

Stasolla, F., & Di Gioia, M. (2023). Combining reinforcement learning and virtual reality in mild neurocognitive impairment: A new usability assessment on patients and caregivers. *Frontiers in Aging*

Neuroscience, 15, 1189498.
<https://doi.org/10.3389/fnagi.2023.1189498>

Stasolla, F., Passaro, A., Curcio, E., Di Gioia, M., Zullo, A., Dragone, M., & Martini, E. (2025). Combined deep and reinforcement learning with gaming to promote healthcare in neurodevelopmental disorders: A new hypothesis. *Frontiers in Human Neuroscience*, 19, 1557826.
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2025.1557826>

Stasolla, F., Passaro, A., Di Gioia, M., Curcio, E., & Zullo, A. (2023). Combined extended reality and reinforcement learning to promote healthcare and reduce social anxiety in fragile X syndrome: A new assessment tool and a rehabilitative strategy. *Frontiers in Psychology*, 14, 1273117.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1273117>

Stasolla, F., Zullo, A., Maniglio, R., Passaro, A., Di Gioia, M., Curcio, E., & Martini, E. (2025). Deep Learning and Reinforcement Learning for Assessing and Enhancing Academic Performance in University Students: A Scoping Review. *AI*, 6(2), 40.
<https://doi.org/10.3390/ai6020040>

Stasolla, F., Zullo, A., Maniglio, R., Passaro, A., Di Gioia, M., Martini, E., Akbar, K., Dragone, M., & Curcio, E. (2025). Mapping the Landscape of Educational and Therapeutic Applications Through Serious Games to Promote Social and Emotional Competence in Adolescents with Autism: A Scoping Review. *Journal of Developmental and Physical Disabilities*. <https://doi.org/10.1007/s10882-025-10022-y>

- Sterkenburg, P. S., & Vacaru, V. S. (2018). The effectiveness of a serious game to enhance empathy for care workers for people with disabilities: A parallel randomized controlled trial. *Disability and Health Journal*, 11(4), 576–582. <https://doi.org/10.1016/j.dhjo.2018.03.003>
- Stevens, T., Peng, L., & Barnard-Brak, L. (2016). The comorbidity of ADHD in children diagnosed with autism spectrum disorder. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 31, 11–18. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2016.07.003>
- Stewart, W. H., Baek, Y., Kwid, G., & Taylor, K. (2021). Exploring Factors That Influence Computational Thinking Skills in Elementary Students' Collaborative Robotics. *Journal of Educational Computing Research*, 59(6), 1208–1239. <https://doi.org/10.1177/0735633121992479>
- Su, J., Yang, W., & Zhong, Y. (2023). Influences of Gender and Socioeconomic Status on Children's Use of Robotics in Early Childhood Education: A Systematic Review. *Early Education and Development*, 34(4), 910–926. <https://doi.org/10.1080/10409289.2022.2078617>
- Swanson, H. L., Jerman, O., & Zheng, X. (2008). Growth in working memory and mathematical problem solving in children at risk and not at risk for serious math difficulties. *Journal of Educational Psychology*, 100(2), 343–379. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.100.2.343>

- Swinckels, L., Bennis, F. C., Zieseimer, K. A., Scheerman, J. F. M., Bijwaard, H., De Keijzer, A., & Bruers, J. J. (2024). The Use of Deep Learning and Machine Learning on Longitudinal Electronic Health Records for the Early Detection and Prevention of Diseases: Scoping Review. *Journal of Medical Internet Research*, 26, e48320. <https://doi.org/10.2196/48320>
- Taheri, A., Meghdari, A., & Mahoor, M. H. (2021). A Close Look at the Imitation Performance of Children with Autism and Typically Developing Children Using a Robotic System. *International Journal of Social Robotics*, 13(5), 1125–1147. <https://doi.org/10.1007/s12369-020-00704-2>
- Talantseva, O. I., Romanova, R. S., Shurdova, E. M., Dolgorukova, T. A., Sologub, P. S., Titova, O. S., Kleeva, D. F., & Grigorenko, E. L. (2023). The global prevalence of autism spectrum disorder: A three-level meta-analysis. *Frontiers in Psychiatry*, 14, 1071181. <https://doi.org/10.3389/fpsyt.2023.1071181>
- Tan, Q. P., Huang, L., Xu, D., Cen, Y., & Cao, Q. (2022). Serious Game for VR Road Crossing in Special Needs Education. *Electronics*, 11(16), 2568. <https://doi.org/10.3390/electronics11162568>
- Tan, Yap, Tan, & Wong. (2024). Informal caregivers' perception of assistive robots in eldercare. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 10(1), 100234. <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2024.100234>
- Tang, J. S. Y., Falkmer, M., Chen, N. T. M., Bölte, S., & Girdler, S. (2019). Designing a Serious Game for Youth with ASD: Perspectives from

End-Users and Professionals. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 49(3), 978–995. <https://doi.org/10.1007/s10803-018-3801-9>

Taylor, D. L., Yeung, M., & Bashet, A. Z. (2021). Personalized and Adaptive Learning. In J. Ryoo & K. Winkelmann (Eds), *Innovative Learning Environments in STEM Higher Education* (pp. 17–34). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58948-6_2

Ter Harmsel-Nieuwenhuis, L., Alarслан, G., Van Hilvoorde, I., Koelen, M., Super, S., & Verkooijen, K. (2025). Life skills development and transfer amongst socially vulnerable adults through sports: A systematic review. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 18(1), 29–69. <https://doi.org/10.1080/1750984X.2022.2135125>

Thapar, A., Cooper, M., & Rutter, M. (2017). Neurodevelopmental disorders. *The Lancet Psychiatry*, 4(4), 339–346. [https://doi.org/10.1016/S2215-0366\(16\)30376-5](https://doi.org/10.1016/S2215-0366(16)30376-5)

Todino, M. D. (2025). Educational Technologies. *Encyclopedia*, 5(1), 23. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia5010023>

Toki, E. I., Tatsis, G., Tatsis, V. A., Plachouras, K., Pange, J., & Tsoulos, I. G. (2023). Employing Classification Techniques on SmartSpeech Biometric Data towards Identification of Neurodevelopmental Disorders. *Signals*, 4(2), 401–420. <https://doi.org/10.3390/signals4020021>

- Treve, M. (2024). Integrating Artificial Intelligence in Education: Impacts on Student Learning and Innovation. *International Journal of Vocational Education and Training Research*, 10(2), 61–69. <https://doi.org/10.11648/j.ijvetr.20241002.14>
- Uljarević, M., Spackman, E. K., Whitehouse, A. J. O., Frazier, T. W., Billingham, W., Condrón, P., Hardan, A., & Leekam, S. R. (2023). Arriving at the empirically based conceptualization of restricted and repetitive behaviors: A systematic review and meta-analytic examination of factor analyses. *Clinical Psychology Review*, 103, 102286. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2023.102286>
- Umanath, S., Coane, J. H., Huff, M. J., Cimenian, T., & Chang, K. (2023). Ecological validity of don't remember and don't know for distinguishing accessibility- versus availability-based retrieval failures in older and younger adults: Knowledge for news events. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 8(1), 2. <https://doi.org/10.1186/s41235-022-00458-7>
- Vacca, R. A., Augello, A., Gallo, L., Caggianese, G., Malizia, V., La Grutta, S., Murero, M., Valenti, D., Tullo, A., Balech, B., Marzano, F., Ghezzi, A., Tancredi, G., Turchetta, A., Riccio, M. P., Bravaccio, C., & Scala, I. (2023). Serious Games in the new era of digital-health interventions: A narrative review of their therapeutic applications to manage neurobehavior in neurodevelopmental disorders. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 149, 105156. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2023.105156>

- Valentini, M., & Raffaghelli, J. E. (2024). Social robotics in hospital as an educational challenge for good care. A narrative literature review. *Form@re - Open Journal per La Formazione in Rete*, 24(2), 75–91. <https://doi.org/10.36253/form-15997>
- Valladares-Rodríguez, S., Pérez-Rodríguez, R., Anido-Rifón, L., & Fernández-Iglesias, M. (2016). Trends on the application of serious games to neuropsychological evaluation: A scoping review. *Journal of Biomedical Informatics*, 64, 296–319. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2016.10.019>
- Vallefuoco, E., Bravaccio, C., Gison, G., Pecchia, L., & Pepino, A. (2022). Personalized Training via Serious Game to Improve Daily Living Skills in Pediatric Patients With Autism Spectrum Disorder. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 26(7), 3312–3322. <https://doi.org/10.1109/JBHI.2022.3155367>
- Valori, I., McKenna-Plumley, P. E., Bayramova, R., & Farroni, T. (2021). Perception and Motion in Real and Virtual Environments: A Narrative Review of Autism Spectrum Disorders. *Frontiers in Psychology*, 12, 708229. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.708229>
- Van Der Meer, L., Sigafoos, J., O'Reilly, M. F., & Lancioni, G. E. (2011). Assessing preferences for AAC options in communication interventions for individuals with developmental disabilities: A review of the literature. *Research in Developmental Disabilities*, 32(5), 1422–1431. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2011.02.003>

- Van Kleef, G. A., & Côté, S. (2022). The Social Effects of Emotions. *Annual Review of Psychology*, 73(1), 629–658.
<https://doi.org/10.1146/annurev-psych-020821-010855>
- Vasilopoulou, E., & Nisbet, J. (2016). The quality of life of parents of children with autism spectrum disorder: A systematic review. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 23, 36–49.
<https://doi.org/10.1016/j.rasd.2015.11.008>
- Veletsianos, G., & Houlden, S. (2019). An analysis of flexible learning and flexibility over the last 40 years of *Distance Education*. *Distance Education*, 40(4), 454–468.
<https://doi.org/10.1080/01587919.2019.1681893>
- Velikonja, T., Fett, A.-K., & Velthorst, E. (2019). Patterns of Nonsocial and Social Cognitive Functioning in Adults With Autism Spectrum Disorder: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Psychiatry*, 76(2), 135.
<https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2018.3645>
- Vieira, C., Ferreira Da Silva Pais-Vieira, C., Novais, J., & Perrotta, A. (2021). Serious Game Design and Clinical Improvement in Physical Rehabilitation: Systematic Review. *JMIR Serious Games*, 9(3), e20066. <https://doi.org/10.2196/20066>
- Villani, D., Carissoli, C., Triberti, S., Marchetti, A., Gilli, G., & Riva, G. (2018). Videogames for Emotion Regulation: A Systematic Review. *Games for Health Journal*, 7(2), 85–99.
<https://doi.org/10.1089/g4h.2017.0108>

- Vindigni, G. (2024). Overcoming Barriers to Inclusive and Equitable Education: A Systematic Review Towards Achieving Sustainable Development Goal 4 (SDG 4). *European Journal of Arts, Humanities and Social Sciences*, 1(5), 3–47. [https://doi.org/10.59324/ejahss.2024.1\(5\).01](https://doi.org/10.59324/ejahss.2024.1(5).01)
- Wagner, R. K., Zirps, F. A., Edwards, A. A., Wood, S. G., Joyner, R. E., Becker, B. J., Liu, G., & Beal, B. (2020). The Prevalence of Dyslexia: A New Approach to Its Estimation. *Journal of Learning Disabilities*, 53(5), 354–365. <https://doi.org/10.1177/0022219420920377>
- Wainer, J., Dautenhahn, K., Robins, B., & Amirabdollahian, F. (2010). Collaborating with Kaspar: Using an autonomous humanoid robot to foster cooperative dyadic play among children with autism. 2010 10th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots, 631–638. <https://doi.org/10.1109/ICHR.2010.5686346>
- Wakeman, H. N., Wadsworth, S. J., Olson, R. K., DeFries, J. C., Pennington, B. F., & Willcutt, E. G. (2023). Mathematics Difficulties and Psychopathology in School-Age Children. *Journal of Learning Disabilities*, 56(2), 116–131. <https://doi.org/10.1177/00222194221084136>
- Wang, M., Muthu, B., & Sivaparthipan, C. B. (2022). Smart assistance to dyslexia students using artificial intelligence based augmentative alternative communication. *International Journal of Speech Technology*, 25(2), 343–353. <https://doi.org/10.1007/s10772-021-09921-0>

- Wang, M.-T., Fredricks, J., Ye, F., Hofkens, T., & Linn, J. S. (2019). Conceptualization and Assessment of Adolescents' Engagement and Disengagement in School: A Multidimensional School Engagement Scale. *European Journal of Psychological Assessment*, 35(4), 592–606. <https://doi.org/10.1027/1015-5759/a000431>
- Wang, S., Chen, D., Yang, Y., Zhu, L., Xiong, X., & Chen, A. (2023). Effectiveness of physical activity interventions for core symptoms of autism spectrum disorder: A systematic review and meta-analysis. *Autism Research*, 16(9), 1811–1824. <https://doi.org/10.1002/aur.3004>
- Wang, Yu, Kim, & Cruz. (2025). Neural correlates of executive function and attention in children with ADHD: An ALE meta-analysis of task-based functional connectivity studies. *Psychiatry Research*, 345, 116338. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2024.116338>
- Wang'ang'a, A. W. (2023). Dyscalculia in Kenyan Schools: Implications for Transition to Higher Education and Employment: Literature Review. *East African Journal of Education Studies*, 6(2), 121–138. <https://doi.org/10.37284/eajes.6.2.1254>
- Warren, Z. E., Zheng, Z., Swanson, A. R., Bekele, E., Zhang, L., Crittendon, J. A., Weitlauf, A. F., & Sarkar, N. (2015). Can Robotic Interaction Improve Joint Attention Skills? *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 45(11), 3726–3734. <https://doi.org/10.1007/s10803-013-1918-4>
- West, G., Snowling, M. J., Lervåg, A., Buchanan-Worster, E., Duta, M., Hall, A., McLachlan, H., & Hulme, C. (2021). Early language screening and

- intervention can be delivered successfully at scale: Evidence from a cluster randomized controlled trial. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 62(12), 1425–1434. <https://doi.org/10.1111/jcpp.13415>
- Whyte, E. M., Smyth, J. M., & Scherf, K. S. (2015). Designing Serious Game Interventions for Individuals with Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 45(12), 3820–3831. <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2333-1>
- Willcutt, E. G., Nigg, J. T., Pennington, B. F., Solanto, M. V., Rohde, L. A., Tannock, R., Loo, S. K., Carlson, C. L., McBurnett, K., & Lahey, B. B. (2012). Validity of DSM-IV attention deficit/hyperactivity disorder symptom dimensions and subtypes. *Journal of Abnormal Psychology*, 121(4), 991–1010. <https://doi.org/10.1037/a0027347>
- Wouters, P., Van Nimwegen, C., Van Oostendorp, H., & Van Der Spek, E. D. (2013). A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games. *Journal of Educational Psychology*, 105(2), 249–265. <https://doi.org/10.1037/a0031311>
- Wright, J. C., Knight, V. F., Barton, E. E., & Edwards-Bowyer, M. (2021). Video Prompting to Teach Robotics and Coding to Middle School Students With Autism Spectrum Disorder. *Journal of Special Education Technology*, 36(4), 187–201. <https://doi.org/10.1177/0162643419890249>
- Wyatt, L. E., Hewan, P. A., Hogeveen, J., Spreng, R. N., & Turner, G. R. (2024). Exploration versus exploitation decisions in the human brain: A systematic review of functional neuroimaging and

neuropsychological studies. *Neuropsychologia*, 192, 108740.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2023.108740>

Xu, F., Gage, N., Zeng, S., Zhang, M., Iun, A., O’Riordan, M., & Kim, E. (2024). The Use of Digital Interventions for Children and Adolescents with Autism Spectrum Disorder—A Meta-Analysis. *Journal of Autism and Developmental Disorders*.
<https://doi.org/10.1007/s10803-024-06563-4>

Xu, Fields, Greer, Tamplain, Bricout, Sharma, & Doelling. (2022). Socially assistive robotics and older family caregivers of young adults with Intellectual and Developmental Disabilities (IDD): A pilot study exploring respite, acceptance, and usefulness. *PLOS ONE*, 17(9), e0273479. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0273479>

Xu, Luo, Zhang, Xia, Qian, & Zou. (2023). Game-based learning in medical education. *Frontiers in Public Health*, 11, 1113682.
<https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1113682>

Yang, W. (2024). Coding With Robots or Tablets? Effects of Technology-Enhanced Embodied Learning on Preschoolers’ Computational Thinking and Social-Emotional Competence. *Journal of Educational Computing Research*, 62(4), 718–740.
<https://doi.org/10.1177/07356331241226459>

Ye, Z., Hernandez, H. A., Graham, Fehlings, D., & Switzer, L. (2013). Liberi: Bringing action to exergames for children with cerebral palsy. *CHI ’13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, 2815–2816. <https://doi.org/10.1145/2468356.2479526>

- Yue, S. (2024). The Evolution of Pedagogical Theory: From Traditional to Modern Approaches and Their Impact on Student Engagement and Success. *Journal of Education and Educational Research*, 7(3), 226–230. <https://doi.org/10.54097/j4agx439>
- Zakari, H. M., Ma, M., & Simmons, D. (2014). A Review of Serious Games for Children with Autism Spectrum Disorders (ASD). In M. Ma, M. F. Oliveira, & J. Baalsrud Hauge (Eds), *Serious Games Development and Applications* (Vol. 8778, pp. 93–106). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-11623-5_9
- Zelazo, P. D. (2020). Executive Function and Psychopathology: A Neurodevelopmental Perspective. *Annual Review of Clinical Psychology*, 16(1), 431–454. <https://doi.org/10.1146/annurev-clinpsy-072319-024242>
- Zhang, S., Wang, S., Liu, R., Dong, H., Zhang, X., & Tai, X. (2022). A bibliometric analysis of research trends of artificial intelligence in the treatment of autistic spectrum disorders. *Frontiers in Psychiatry*, 13, 967074. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2022.967074>
- Zhang, Y., Luo, R., Zhu, Y., & Yin, Y. (2021). Educational Robots Improve K-12 Students' Computational Thinking and STEM Attitudes: Systematic Review. *Journal of Educational Computing Research*, 59(7), 1450–1481. <https://doi.org/10.1177/0735633121994070>
- Zhong, B., & Xia, L. (2020). A Systematic Review on Exploring the Potential of Educational Robotics in Mathematics Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(1), 79–101. <https://doi.org/10.1007/s10763-018-09939-y>

- Zhu, C., Wang, D., Cai, Y., & Engels, N. (2013). What core competencies are related to teachers' innovative teaching? *Asia-Pacific Journal of Teacher Education*, 41(1), 9–27. <https://doi.org/10.1080/1359866X.2012.753984>
- Zimmer, C., & Dunn, J. C. (2021). A Developmental Perspective of Coping with Stress: Potential for Developmental Coordination Disorder Research. *Advances in Neurodevelopmental Disorders*, 5(4), 351–359. <https://doi.org/10.1007/s41252-021-00211-z>
- Zini, F., Le Piane, F., & Gaspari, M. (2022). Adaptive Cognitive Training with Reinforcement Learning. *ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems*, 12(1), 1–29. <https://doi.org/10.1145/3476777>
- Zou, Y., Kuek, F., Feng, W., & Cheng, X. (2025). Digital learning in the 21st century: Trends, challenges, and innovations in technology integration. *Frontiers in Education*, 10, 1562391. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1562391>
- Zullo, A., Anna Passaro, Enza Curcio, & Fabrizio Stasolla. (2024). Le chatbot per promuovere la salute mentale degli studenti universitari. Una narrative review. *Sistemi intelligenti*, 3, 617–629. <https://doi.org/10.1422/115334>