



Processi
e Linguaggi
dell'Apprendimento

Direzione: Roberto Trincherò

Comitato direttivo

Funzioni: accoglienza delle proposte di pubblicazione e prima scrematura

Barbara Bruschi, Renato Grimaldi, Roberto Farné, Alberto Parola, Daniela Robasto, Barbara Sini, Simona Tirocchi

Comitato Scientifico

Funzioni: referaggio anonimo, con doppio cieco, mediante sistema on line

Michele Baldassarre, Federico Batini, Guido Benvenuto, Giovanni Bonaiuti, Vincenzo Bonazza, Antonio Calvani, Gianna Cappello, Lucia Chiappetta Cajola, Cristina Coggi, Barbara Demo, Luciano Di Mele, Piergiuseppe Ellerani, Ivan Enrici, Damiano Felini, Adelaide Gallina, Marco Gui, Antonio Marzano, Sara Nosari, Alessandro Perissinotto, Maria Ranieri, Paola Ricchiardi, Emanuela Torre, Carla Tinti, Giuliano Vivanet, Tamara Zappaterra.

La Collana accoglie studi teorici, storico-comparativi ed empirico-sperimentali riguardanti i processi e i linguaggi dell'apprendimento dalla primissima infanzia alla "grande anzianità". I testi proposti sono volti a indagare "come si apprende" nelle varie età della vita e come è possibile mettere in atto processi di formazione efficaci nel promuovere apprendimento, tenendo conto del dibattito contemporaneo in pedagogia, didattica, psicologia cognitiva, neuroscienze. In quest'ottica, i testi proposti esplorano i metodi, le strategie, le tecniche e gli strumenti efficaci nei percorsi di educazione, istruzione e formazione, scolastica ed extrascolastica, lungo tutto l'arco della vita.

Oggetti di interesse sono quindi l'educazione e la formazione improntate dall'evidenza quantitativa e qualitativa, l'apprendimento esperienziale in diversi contesti - dal gioco spontaneo del bambino all'interazione mediata dai social network -, i linguaggi medial per l'apprendimento e le tecnologie in grado di promuoverlo, il potenziamento cognitivo come strumento per affrontare un vasto spettro di bisogni educativi, la *gamification*, la robotica educativa, la giocomotricità e le sinergie tra apprendimento cognitivo e motorio, lo *storytelling*, i prodotti mono e multimediali per l'infanzia e il gioco educativo nelle sue varie forme e accezioni.

La collana accoglie contributi di studiosi italiani e di altri paesi, sotto forma di monografie, volumi collettanei, rapporti di ricerca, traduzioni, descrizioni di esperienze e sperimentazioni in contesti scolastici ed extrascolastici.

Il Comitato direttivo e il Comitato scientifico intendono promuovere attraverso la collana un ampio, aperto e proficuo dibattito tra ricercatori, insegnanti, educatori e tutti gli studiosi che siano interessati ai processi e ai linguaggi dell'apprendimento nelle varie età della vita.

Ogni volume è sottoposto a referaggio con modello "doppio cieco".



Il presente volume è pubblicato in open access, ossia il file dell'intero lavoro è liberamente scaricabile dalla piattaforma **FrancoAngeli Open Access** (<http://bit.ly/francoangeli-oa>).

FrancoAngeli Open Access è la piattaforma per pubblicare articoli e monografie, rispettando gli standard etici e qualitativi e la messa a disposizione dei contenuti ad accesso aperto. Oltre a garantire il deposito nei maggiori archivi e repository internazionali OA, la sua integrazione con tutto il ricco catalogo di riviste e collane FrancoAngeli massimizza la visibilità, favorisce facilità di ricerca per l'utente e possibilità di impatto per l'autore.

Per saperne di più:

<https://www.francoangeli.it/autori/21>

I lettori che desiderano informarsi sui libri e le riviste da noi pubblicati possono consultare il nostro sito Internet: www.francoangeli.it e iscriversi nella home page al servizio "Informatemi" per ricevere via e-mail le segnalazioni delle novità.

Robot e cobot nell'impresa e nella scuola

Processi formativi e trasformativi
nella workplace innovation

A cura di Daniela Robasto

FrancoAngeli 

Il presente volume è stato realizzato con finanziamento del Dipartimento di Filosofia e Scienze dell'Educazione dell'Università degli Studi di Torino, Università degli Studi di Roma "La Sapienza", LUMSA e per il 25% con il contributo finanziario dell'INAIL nell'ambito del progetto BRIC 2019 ID 50.

Il volume non avrebbe potuto prendere vita senza la fattiva collaborazione tra il gruppo di ricerca del progetto nazionale Tradars (<https://www.tradars.it/>, su finanziamento INAIL) e quello del Laboratorio di simulazione del comportamento e robotica educativa "Luciano Gallino" dell'Università degli Studi di Torino <https://www.laboratoriogallino.unito.it/>.

Per il gruppo di ricerca *Tradars*, si ringraziano: Massimo Tronci, Francesco Costantino, Margherita Bernabei, Andrea Felgnami, Sara Stabile, Fabio Macioce, Rosina Bentivenga, Emma Pietrafesa, Edvige Sorrentino, Lorenzo Fedele, Francesco Veniali, Arie Adriaensen, Marco Isceri, Roberto Truppi, Davide Della Rina, Elena Maule. Per il gruppo di ricerca del *Laboratorio Gallino* si ringraziano: Renato Grimaldi, Paola Borgna, Maria Adelaide Gallina, Lucia Laturra, Silvia Palmieri, Cristina Fasano, Chiara Orbisaglia, Nicole Messi, Sandro Brignone, Antonio Falco, Lorenzo Denicolai, Tania Parisi, Giorgio Borla, Barbara Infante.

Un sentito ringraziamento infine a Alessandra Vitanza del CNR di Catania, Angelo Cangelosi dell'Università di Manchester e i ricercatori del gruppo COMAU.

Isbn digitale: 9788835144816

Copyright © 2022 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy.

Publicato con licenza *Creative Commons Attribuzione-Non Commerciale-Non opere derivate 4.0 Internazionale* (CC-BY-NC-ND 4.0)

L'opera, comprese tutte le sue parti, è tutelata dalla legge sul diritto d'autore. L'Utente nel momento in cui effettua il download dell'opera accetta tutte le condizioni della licenza d'uso dell'opera previste e comunicate sul sito

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.it>

Indice

Premessa	pag.	7
1. Workplace Innovation. Oltre la percezione ingenua dell'innovazione nei contesti di lavoro , di <i>Daniela Robasto</i>	»	9
2. La transizione digitale e lo sviluppo di competenze critiche nell'Adult learning , di <i>Daniela Robasto e Davide Della Rina</i>	»	17
3. Innovazione tecnologica e fiducia nei luoghi di lavoro. Problemi e prospettive giuridiche , di <i>Marco Isceri e Fabio Macioce</i>	»	25
4. Nuovi strumenti per la gestione della salute e sicurezza sul lavoro con i cobot , di <i>Margherita Bernabei, Francesco Costantino, Andrea Falegnami e Sara Stabile</i>	»	35
5. Human and Technology: un percorso di trasformazione attraverso la formazione sulla collaborazione uomo-macchina , di <i>Ezio Fregnan, Luca Bergamaschi, Stefano Pesce, Irene Vetrò, Fabio Abbà e Stefano Trapani</i>	»	51
6. Il potere educativo della robotica di sciame: esperienze e prospettive , di <i>Alessandra Vitanza</i>	»	65
7. Robotica educativa e autismo: un caso di studio con l'impiego di Codey Rocky , di <i>Lucia Laturra e Silvia Palmieri</i>	»	74

8. La robotica educativa per prevenire bullismo e cyberbullismo , di <i>Maria Adelaide Gallina</i>	pag.	89
9. Robotica educativa e sviluppo delle competenze trasversali: una ricerca sul campo mediante il braccio robotico e.DO , di <i>Cristina Fasano, Chiara Orbisaglia e Renato Grimaldi</i>	»	99
10. Gli effetti di una pandemia sulle conoscenze dei concetti di relazione spazio-temporali in una scuola primaria: la robotica educativa come strumento di compensazione , di <i>Nicole Messi, Silvia Palmieri e Renato Grimaldi</i>	»	122
11. Il social robot Pepper a supporto delle carriere degli studenti universitari , di <i>Sandro Brignone e Angelo Cangelosi</i>	»	128
12. Un social robot per la rilevazione e valutazione della conoscenza dei concetti di relazione spazio-temporale degli alunni della scuola primaria , di <i>Silvia Palmieri</i>	»	148
13. Robot e umani che collaborano: come il cinema racconta (e anticipa) i cobot , di <i>Lorenzo Denicolai</i>	»	162
14. La robotica: dall'università al territorio. L'esperienza del Laboratorio "Gallino" di Torino , di <i>Paola Borgna e Tania Parisi</i>	»	170
15. LIFE e Robot , di <i>Giorgio Borla e Antonio Falco</i>	»	179
16. Big Data, microprocessori, sicurezza ed educazione al valore del dato nella scuola primaria , di <i>Barbara Infante e Renato Grimaldi</i>	»	188

Premessa

Il presente volume collettaneo affronta il tema trasversale dell'innovazione tecnologica tramite robot e cobot, la cui introduzione attraversa ormai contesti d'impresa, scolastici ed educativi.

A partire da un'introduzione volta a interrogarsi su che cosa si intenda per innovazione e quali possano essere le condizioni minime affinché si possa effettivamente parlare di contesti innovativi, il volume prende le distanze da approcci tecno entusiasti o tecno critici assunti a priori e suggerisce un allontanamento da una prospettiva *win win a qualunque costo* che non riflette opportunamente su alcune tematiche cruciali nel sostenere i processi innovativi, tra cui la formazione dei lavoratori (*in primis*) – discussa nel capitolo secondo e quinto –, le prospettive giuridiche connesse all'introduzione tecnologica – nel capitolo terzo –, nonché le esigenze nei termini di nuovi strumenti per garantire la gestione della salute e sicurezza sul lavoro – nel capitolo quarto.

Fatte dunque tali premesse maturate all'interno del progetto di ricerca nazionale TRADARS, che mi ha vista Responsabile Scientifico per UniTo, il volume prosegue affrontando le potenzialità dei robot collaborativi nell'assistere le persone nello svolgimento di compiti più o meno complessi, ivi compreso l'apprendimento. L'uso dei robot per l'apprendimento, infatti, potrebbe supportare le persone nell'affrontare in modo metodico lo studio, aiutandole ad organizzare meglio le loro conoscenze e ad esplorare nuovi concetti (Committee on K-12 Engineering Education, 2009; Grandgenett, 2013).

Dal capitolo sesto si presentano dunque alcuni utilizzi della robotica nei contesti educativi della scuola o dell'alta formazione dove la robotica potrebbe essere utilizzata come strumento per supportare persone con autismo, contrastare fenomeni di bullismo, concorrere a sviluppare competenze trasversali e spazio-temporali, anche tramite l'utilizzo della cosiddetta *swarm robotics* o robotica di sciami.

Infine, l'opera descrive la presenza della robotica nei laboratori universitari, nello specifico presso il Dipartimento di Filosofia e Scienze dell'Educazione dell'Università di Torino. Se la formazione delle competenze connesse all'introduzione della robotica nei diversi contesti è un tema cogente, l'Università non può non cogliere la sfida a partire dalla formazione dei giovani adulti.

Pur nella differenza dei linguaggi e delle specifiche prospettive che contraddistinguono i diversi capitoli, il volume è orientato ad un lettore curioso e consapevole che *impresa, scuola ed università* possono giocare la loro partita in sinergia, imparando ad ascoltarsi e a riflettere più frequentemente sulle sfide che le accomunano.

Il volume vuole essere, prima di tutto, un'occasione di dialogo.

Daniela Robasto
Torino 14 dicembre 2022

1. Workplace Innovation.

Oltre la percezione ingenua dell'innovazione nei contesti di lavoro

di Daniela Robasto

1. Introduzione

Il concetto di innovazione viene costantemente mobilitato in diversi contesti culturali, sociali o professionali, connotandosi via via di significati differenti, accomunati tendenzialmente da un fattore comune: *il cambiamento o il desiderio che questo si verifichi*.

Si parla di innovazione nella scuola, di innovazione dell'impresa, di innovazione sociale ma i contorni di che cosa significhi innovare un sistema o un'organizzazione, più o meno complessa, rimangono talvolta sfumati. Cioché vediamo in prima istanza gli elementi minimi di un intervento innovativo.

L'innovazione è definita come quel mutamento che trasformi *intenzionalmente* o provochi un efficace svecchiamento in un ordinamento, grazie all'introduzione di nuove ed *utili* idee, prodotti, processi o procedure che abbiano impatto su ruoli, gruppi, organizzazioni (Farr, Ford, 1990). Già in tale definizione possiamo individuare le potenzialità e le criticità dei processi innovativi e comprendere come l'innovazione non sia qualcosa di standardizzabile e classificabile indipendentemente dal contesto in cui si attua. Un processo innovativo dentro un'impresa potrebbe non essere altrettanto innovativo per un'altra.

La prima grande sfida connessa ad un processo innovativo è ovviamente il cambiamento. Non può esserci innovazione senza cambiare e dunque senza mettere in conto l'uscita, non sempre indolore, dalla propria zona di comfort.

Il secondo aspetto è l'intenzionalità. Affinché un'innovazione possa considerarsi tale è necessario che si esca da una condizione di accidentalità o emergenza e si abbia il proposito di innovare e innovarsi, con le relative ricadute nei termini di progettualità e sistematicità; se poi l'innovazione

riguarda un gruppo o un'organizzazione l'intenzionalità e la sistematicità sono da intendersi a livello condiviso.

In ultimo l'utilità. Si può definire innovazione quel cambiamento che abbia prodotto *esiti utili* e tendenzialmente migliori rispetto a quelli raggiunti con processi e procedure precedenti. È innovativo ciò che ci fa compiere *un passo in avanti*.

Questo determina che nella messa in campo di un intervento innovativo vi sia la possibilità di operare un confronto tra *prima, durante e dopo* l'introduzione dei processi innovativi, al fine di poter rilevare su quali aspetti l'innovazione abbia portato o stia conducendo a esiti utili e dove invece abbia mancato l'obiettivo. Per poter operare un confronto è necessario poter disporre di dati puntuali, raccolti in modo affidabile e sistematico.

La raccolta, l'analisi e l'interpretazione dei dati diventano dunque strategiche per definire utile/non utile un processo candidato ad essere innovativo. La ricerca e l'innovazione sono dunque da intendersi come processi interattivi e tra loro complementari (Kline, Rosenberg, 1986), tanto da poter considerare l'attività di ricerca e di rilevazione di dati empirici il quarto fattore caratterizzante un intervento innovativo.

Nei capitoli che seguiranno si affronteranno dunque le questioni connesse all'introduzione dei processi innovativi, con una particolare attenzione a quelle connesse all'innovazione tecnologica, ai cobot e ai robot nei contesti professionali e formativi.

2. Oltre la percezione ingenua dell'innovazione nei contesti di lavoro

Introdurre processi innovativi significa fare i conti con una serie di questioni (cambiamento, intenzionalità, utilità e ricerca) che hanno un impatto non irrilevante nella gestione delle risorse umane.

Una percezione ingenua dell'innovazione e in particolare dell'innovazione sul luogo di lavoro, sia questo un'impresa o una scuola, potrebbe portare a sottostimare i tempi necessari per la sua messa in atto e quindi a rinunciarvi troppo velocemente nonostante si sia di fronte ad innovazioni promettenti, seppur germogliate in contesti "resistenti".

La letteratura che ha maggiormente esplorato tali aspetti è quella che si concentra sul concetto di Workplace Innovation (WI).

La Workplace Innovation è stata definita come l'implementazione di nuovi e combinati interventi nei campi dell'organizzazione del lavoro, della gestione delle risorse umane eventualmente connessa alle tecnologie abilitanti (Pot, 2011). Vengono dunque messi in evidenza tre ambiti di azione differen-

ti: l'innovazione nell'organizzazione del lavoro; l'innovazione nella gestione delle risorse umane; l'innovazione nell'utilizzo delle tecnologie (abilitanti).

Proprio per la multidimensionalità e complessità delle sue prospettive, la WI va definita non solo come processo economico, nei termini di investimenti ed acquisti, ma anche come un processo sociale e partecipativo che tende a ridisegnare l'organizzazione del lavoro e della vita lavorativa, combinandone gli aspetti umani, organizzativi e tecnologici, volgendo lo sguardo non solo verso un miglioramento dei servizi e dei prodotti, ma anche verso un perfezionamento delle performance organizzative e della qualità della vita lavorativa delle persone che operano, a diversi livelli, dentro l'organizzazione (Dhondt, Oeij, Totterdill, Howaldt, Van Hootegem, Van Gramberen, 2012; Pot, Koningsveld, 2009).

Per tali motivi, la WI viene frequentemente studiata soprattutto come forma di innovazione organizzativa aziendale, in accordo con quanto riportato dall'OECD (2005), da Murphy (2002) e da Uhlaner, van Stel, Meijaard e Folkeringa (2007). In tali studi vengono infatti analizzate tre tipologie di pratiche: le pratiche di management (tra cui gestione del lavoro in team, gestione delle conoscenze, gestione del lavoro flessibile); le tecniche di produzione (dal punto di vista dei cambiamenti nell'organizzazione del lavoro tra cui: TQM, business reengineering); le relazioni esterne (nei termini di outsourcing, networking e relazioni con i clienti).

Non così frequenti sono gli affondi e le analisi rispetto all'impatto della WI nei termini di expertise attese nei lavoratori. In letteratura vi sono alcuni accenni alla questione di una diversa "gestione delle conoscenze", senza tuttavia entrare troppo nel merito di come debba essere *formata*, prima ancora d'essere "gestita", quasi dando per scontato che l'introduzione di un processo innovativo, ad esempio di una tecnologia ed il suo utilizzo, comporti automaticamente la padronanza di una nuova conoscenza che dovrà essere *gestita* in modo differente ma che comunque si considera già presente, anche quando purtroppo non lo è.

Negli studi di Pot, Totterdill e Dhondt (2016), ad esempio, la WI viene descritta come "naturalmente" tesa ad avviare collegamenti tra le conoscenze strategiche della leadership, le conoscenze professionali degli impiegati operativi e le conoscenze a livello organizzativo degli esperti, al fine di coinvolgere tutti gli stakeholders in un dialogo dove "la migliore argomentazione prevale" (Pot, Totterdill, Dhondt, 2016). Anche in questi studi si rimarca la necessità di rinforzare i confronti tra diverse conoscenze in possesso di funzioni aziendali differenti, ma non si esplicita la necessità di formare nuove conoscenze o nuove competenze, prima di metterle in dialogo.

Gli stessi autori (Totterdill, Exton, 2014) nell'analisi dei fattori abilitanti la WI citano una *legislazione favorevole* e la presenza di attività di ricerca sul territorio; non vi sono invece riferimenti espliciti ai processi forma-

tivi strutturati nelle imprese “innovatrici” e alle abilità cognitive necessarie a supportare il lavoro “r-innovato”.

Si rileva inoltre un approccio decisamente win-win. Nell’analisi della letteratura sulla WI ricorrono costrutti quali “miglioramento simultaneo delle performance aziendali”, o “innovazioni naturalmente tese ad avviare collegamenti tra le conoscenze” o ancora “il naturale prevalere di migliori argomentazioni”, “performance direttamente aumentate”, ecc. come se l’introduzione della tecnologia in azienda o nella scuola comportasse automaticamente un maggior bagaglio di competenze, un rinnovato utilizzo dei processi cognitivi ed una maggior disposizione alla collaborazione da parte dei lavoratori coinvolti.

La Workplace Innovation, invece, mette ancora più in luce l’esigenza di una nuova integrazione delle forme del sapere, dei limiti di una formazione talvolta inesistente o ancora solo teorica o solo pratica (Brynjolfsson, McAfee, 2014; Dhondt, Van Hootegeem, 2015) o da autodidatta. Riuscire a raggiungere tale consapevolezza, necessiterà diverso tempo e richiederà ancora notevoli sforzi.

L’esperienza pandemica, nella sua irruenza, ha messo ben in luce non solo quanto risulti decisivo poter contare su particolari attrezzature tecnologiche ma anche quanto queste possano rischiare di incagliarsi di fronte ad una forza lavoro non adeguatamente formata a sorreggere con padronanza i processi innovativi. Dopo una fase di grande *sperimentazione del cambiamento* avviata nel periodo pandemico, alcune organizzazioni stanno infatti ritornando a processi routinari, rinunciando a mettere a sistema anche quei cambiamenti che avrebbero potuto potenzialmente essere innovativi.

Sebbene siano dunque diversi gli studi ad aver fatto cenno alla necessità di nuove competenze richieste al lavoratore (Colombo, Prodi, Seghezzi, 2019; Zaganella, 2017; Magone, Mazali, 2016; Brynjolfsson, McAfee, 2014), sono ancora ridotte le indagini volte a rilevare puntualmente quali siano tali competenze, quali azioni cognitive comportino e come possano essere costruite e formate nei diversi contesti di lavoro.

3. Quali competenze per sostenere la workplace innovation?

Vale la pena richiamare gli studi di Schumpeter¹ (Schumpeter, 1942; 1954 op. postuma) il quale definì l’innovazione come il motore di quello

1. Joseph Schumpeter (1883-1950) viene da molti definito come il primo economista ad aver esaminato in modo sistematico il ruolo dell’innovazione nelle economie industriali a partire da alcuni elementi dinamici endogeni, tra cui anche le innovazioni tecnologiche.

che può essere un ciclo di *distruzione creativa*, dove il processo di cambiamento, qui industriale, rivoluziona costantemente la struttura economica, distruggendo continuamente quella precedente e costruendone una nuova.

Rievocare il processo di distruzione creativa connesso ai processi innovativi, seppur con una chiave di lettura ben differente rispetto quella schumpeteriana, significa mettere sul piatto della bilancia che qualcosa si debba distruggere o meglio che qualcosa debba essere radicalmente cambiato e ricostruito per poter raccogliere i frutti di un processo innovativo. È un richiamo che si rende necessario soprattutto per contrastare l'approccio win-win che talvolta accompagna le analisi "tecno-entusiaste" della workplace innovation, analisi dove non sempre emergono le criticità connesse all'introduzione di un nuovo modo di lavorare o dove, in termini didattici, ci si sofferma troppo sui "nuovi" contenuti formativi" e troppo poco sui processi formativi e cognitivi sottesi.

Prendere in carico la componente *destruens* dell'innovazione, dal punto di vista pedagogico, significa dunque anche interrogarsi su come debbano essere modificati i modi di apprendere delle persone che operano nei contesti dove sia in atto un'innovazione, quali siano le risultanze attese nei termini di conoscenze, abilità e competenze e quali siano i processi formativi metodologicamente coerenti con tali risultanze e quali quelli incoerenti, perché, è bene ribadirlo, vi sono alcuni metodi formativi che, indipendentemente dal contenuto della formazione, hanno dimostrato di non essere coerenti rispetto agli scopi della formazione.

L'analisi di alcune fonti sintetizzate nel paragrafo precedente (Murphy, 2002; Uhlaner, van Stel, Meijaard, Folkeringa, 2007; Totterdill, Exton, 2014; Pot, Totterdill, Dhondt, 2016) ha, infatti, messo in luce come il dibattito sulla Workplace Innovation corra il rischio di concentrarsi su "chi" debba gestire le nuove conoscenze, su "cosa" debbano riguardare le nuove conoscenze, ma non "come" debbano essere costruite e con quali esiti nei termini di risultati di apprendimento.

Inoltre, il frequente ricorso al costruito "gestione della conoscenza" o "trasferimento della conoscenza" potrebbe indurre in un duplice abbaglio: il primo che per affrontare l'innovazione dei contesti aziendali sia sufficiente la conoscenza (intesa come il risultato dell'*assimilazione di informazioni* attraverso l'apprendimento) e non invece la competenza; il secondo abbaglio è che la competenza (appunto ridotta al conoscere) possa essere trasferita e non, invece, attivamente e cognitivamente costruita.

Ragionare a partire da una componente destruens significa dunque chiarire cosa debba essere modificato nei processi esistenti e rendersi conto che tale mutamento non vada previsto "solo" sulle apparecchiature, sui processi aziendali, sulle tecnologie, sulle infrastrutture ma anche sui processi formativi che coinvolgono le persone.

Se si prendono in esame le classificazioni delle cosiddette tecnologie abilitati² a supporto dell'Industria 4.0³ o della Smart Industry (Schwab, 2016) e le si confronta con le competenze maggiormente richieste in alcuni comparti particolarmente investiti dai processi innovativi (Osservatorio delle Competenze Digitali, 2019) ci si rende facilmente conto che al lavoratore, più o meno smart, non basterà “conoscere” cosa sia la realtà aumentata o quali siano i sistemi cloud o i processi di data analytics presenti in azienda e nemmeno risulterà sufficiente aver assimilato saperi procedurali basici da ripetere pedissequamente, in un contesto invece in continua trasformazione.

Al lavoratore viene ora richiesto di assegnare significato a dati e situazioni non sempre note (Pollock, 2015), di essere in grado di analizzare e confrontare contesti, di valutare l'azione migliore in funzione di un dato o di uno scenario, di un esito reso evidente grazie alla tecnologia, ecc. La tecnologia ricorda, applica, analizza e restituisce, talvolta con un'elaborazione di tipo profondo, ma all'uomo spetta il compito di utilizzarla al meglio e prendere le opportune decisioni, da quelle più operative a quelle strategiche (Gualtieri, Palomba, Wehrle, Vidoni, 2020).

Secondo l'indagine The Future of Jobs⁴ (Report 2020, World Economic Forum), continuano ad essere evidenti notevoli lacune nelle competenze ritenute oggi indispensabili: pensiero critico, capacità di analisi, problem solving e abilità nell'autogestione, sono skills che vengono reputate fondamentali per poter rispondere alle ragguardevoli sfide che la società dovrà affrontare nei prossimi anni.

A queste si aggiungono altre competenze trasversali particolarmente sollecitate anche nel periodo pandemico ma non solo: resilienza (Patriarca, Bergström, Di Gravio, Costantino, 2018), tolleranza allo stress (Cooper, 2022) e flessibilità cognitiva.

2. Robot collaborativi interconnessi e rapidamente programmabili; Stampanti in 3D connesse a software di sviluppo digitali; Realtà aumentata a supporto dei processi produttivi; Simulazione tra macchine interconnesse per ottimizzare i processi; Integrazione informazioni lungo la catena del valore dal fornitore al consumatore; Comunicazione multidirezionale tra processi produttivi e prodotti; Gestione di elevate quantità di dati su sistemi aperti; Sicurezza durante le operazioni in rete e su sistemi aperti; Analisi di un'ampia base dati per ottimizzare prodotti e processi produttivi.

3. www.mise.gov.it/images/stories/documenti/Piano_Industria_40.pdf.

4. Da quanto è emerso dal Report The Future of Job 2020 le aziende intervistate stimano che circa il 40% dei lavoratori richiederà una repentina riqualificazione. www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020.

Bibliografia

- Assintel (2019), *Osservatorio delle competenze digitali 2019*. https://competenzedigitali.org/wp-content/uploads/2020/01/Osservatorio_CompetenzeDigitali_2019.pdf
- Brynjolfsson E., McAfee A. (2014), *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*, W.W. Norton & Co.
- Colombo M., Prodi E., Seghezzi F. (2019), *Le competenze abilitanti per Industria 4.0. In memoria di Giorgio Usai*, ADAPT University Pres.
- Cooper M.D. (2022), “The Emperor Has No Clothes: A Critique of Safety-II”, *Safety Science*, 152, 105047.
- Dhondt S., Oeij P., Totterdill P., Howaldt J., Van Hootegem G., Van Gramberen M. (2012), *The Dortmund-Brussels Position Paper on Workplace Innovation*, TNO, sfs-Dortmund, Dortmund/Brussels.
- Dhondt S., Van Hootegem G. (2015), “Reshaping workplaces: Workplace innovation as designed by scientists and practitioners”, *European Journal of Workplace Innovation*, 1(1), pp. 17-25.
- Farr J.L., Ford C. (1990), “Individual innovation”, in West M., Farr J., Ed., *Innovation and creativity at work: Psychological and Organizational Strategies*, pp. 63-80.
- Gualtieri L., Palomba I., Wehrle E.J., Vidoni R. (2020), “The Opportunities and Challenges of Sme Manufacturing Automation: Safety and Ergonomics in Human-Robot Collaboration”, in Matt D.T. et al., Eds., *Industry 4.0 for SMEs*, Palgrave Macmillan.
- Kline S., Rosenberg N. (1986), “An overview of innovation”, in Landau R., Rosenberg N., *The positive sum strategy*, National Academy press, Washington.
- Magone A., Mazali T. (2016), *Industria 4.0. Uomini e macchine nella fabbrica digitale*, Guerini e Associati, Milano.
- Ministero dello Sviluppo Economico (2017), *Piano industriale 4.0*. www.mise.gov.it/images/stories/documenti/Piano_Industria_40.pdf
- Murphy K.R. (2002), *Validity Generalization: A Critical Review*, Psychology Press.
- OECD (2005), *OECD Annual Report 2005*, OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/annrep-2005-en>
- Patriarca R., Bergström J., Di Gravio G., Costantino F. (2018), “Resilience Engineering: Current Status of the Research and Future Challenges”, *Safety Science*, 102, pp. 79-100.
- Pollock R.A. (2015), “Human Error: There Is No Root Cause”, in ASSE Professional Development Conference and Exposition 2015.
- Pot F.D. (2011), “Workplace Innovation for better jobs and performance”, *International Journal of Productivity and Performance Management*, pp. 404-405. DOI: 10.1108/17410401111123562
- Pot F.D., Koningsveld E.A.P. (2009), “Quality of working life and organizational performance - two sides of the same coin?”, *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, vol. 35, n. 6, pp. 421-428.

- Pot F.D., Totterdill P., Dhondt S. (2016), "Workplace innovation: European policy and theoretical foundation", *World Review of Entrepreneurship, Management and Sustainable Development*, vol. 12, n. 1, pp. 13-32.
- Schumpeter J.A. (1942), *Capitalism, Socialism, and Democracy*, University of Illinois at Urbana-Champaign's Academy for Entrepreneurial Leadership Historical Research Reference in Entrepreneurship.
- Schumpeter J.A. (1954), *History of Economic Analysis*, Oxford University Press, New York.
- Schwab K. (2015), *The Fourth Industrial Revolution*, World Economic Forum. Trad. *La quarta rivoluzione industriale*, FrancoAngeli, Milano, 2016.
- Totterdill P., Exton R. (2014), "Defining workplace innovation: The Fifth Element", *Strategic Direction*, 30(9), pp. 12-16. DOI: 10.1108/SD-09-2014-0112
- Uhlaner L., Van-stel A., Meijaard J., Folkeringa M. (2007), *The Relationship between Knowledge Management, Innovation and Firm Performance: Evidence from Dutch SMEs*, Working Paper, Scientific Analysis of Entrepreneurship and SMEs.
- World Economic Forum (2020), *The Future of Jobs*. www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020/in-full
- Zaganella M. (2017), *Le trasformazioni del lavoro e della formazione continua: Dalla seconda alla quarta rivoluzione industriale*, FrancoAngeli, Milano.

2. La transizione digitale e lo sviluppo di competenze critiche nell'Adult learning

di *Daniela Robasto e Davide Della Rina*¹

1. Dimensioni dell'agire competente e competenze critiche nei lavoratori adulti

Si è precedentemente delineato quanto risulti necessario uscire da un approccio ingenuo, tecno-entusiasta o tecno-critico, assunto a priori, per poter giungere invece a delineare su quali aspetti occorra concentrare le risorse formative nei contesti coinvolti da processi innovativi.

Quali aree di competenza e quali strutture di pensiero, dunque, è utile formare (prima) e mobilitare (poi) nei lavoratori, per sostenere una Workplace Innovation efficace?

Per rispondere a tale quesito, si ritiene necessario circoscrivere le categorie di obiettivi formativi coinvolti nei processi innovativi, ove possibile facendo riferimento a sistemi di classificazione gerarchica e sequenziale dei processi cognitivi coinvolti nelle aree di competenza maggiormente sollecitate dall'innovazione.

L'utilizzo di una tassonomia di riferimento si è infatti rilevata frequentemente utile per progettare interventi didattici e valutativi tra loro coerenti ed in grado di spaziare su un insieme variegato di attività cognitive (Trinchero, 2018). Le tassonomie definiscono spesso categorie epistemologiche (Atherton, 2004), ossia categorie che riflettono manifestazioni dell'attività umana nel "creare conoscenza" e reputiamo che questo sia il caso di un'impresa o un'organizzazione innovatrice.

Tra i diversi sistemi tassonomici possibili, nel presente contributo si prenderà a riferimento la tassonomia di Anderson e Krathwohl (2001), i

1. Il presente contributo è frutto del lavoro congiunto dei due autori sul progetto di ricerca nazionale BRIC INAIL ID50 - TRADARS. Il paragrafo 1 è di Daniela Robasto, il paragrafo 2 è di Davide Della Rina.

A. Relative importance of different skill groups

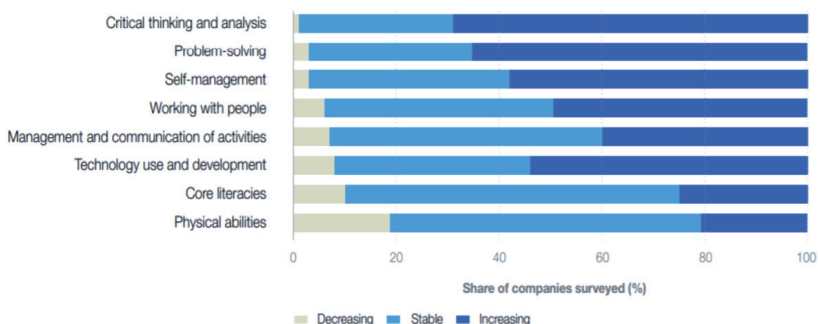


Fig. 1 - Gruppi di Competenze con domanda percepita dalle imprese come in crescita, stabile o in decrescita entro il 2025, per percentuale di aziende intervistate - Fonte *Future of Jobs, 2020, World Economic Forum*

quali hanno proposto una revisione della tassonomia di Bloom, spostando l'attenzione dai prodotti dell'apprendimento ai *processi di pensiero*. L'analisi di questi ultimi ci pare particolarmente indicata per interrogarci su quali tipi di *disposizioni mentali* occorrano per affrontare in modo competente i cambiamenti previsti nella workplace innovation.

I processi di pensiero, infatti, possono essere applicati a diverse forme di conoscenza, che costituiscono i contenuti dell'apprendimento (fattuale, concettuale, procedurale, metacognitiva). Secondo Anderson e Krathwohl i processi applicabili a tali contenuti sono sei: *ricordare, comprendere, applicare, analizzare, valutare, creare* (Fig. 2). Le quattro forme di conoscenza su cui questi processi operano (fatti, concetti, procedure, metacognizione) sono da considerarsi sia come oggetti dei processi di pensiero sia come loro prodotti.

Riprendendo i risultati delle indagini sul lavoro del prossimo futuro (Fig. 1) già in precedenza citate, è possibile dunque delimitare quali siano i processi cognitivi particolarmente coinvolti nella WI.

Rispetto a processi cognitivi di tipo basilico (ricordo, comprendo, applico) su cui si sono concentrati e ancora si concentrano molti sforzi formativi sia nell'impresa che nei sistemi di istruzione, si delinea da tempo l'esigenza di un maggior coinvolgimento dei processi cognitivi di ordine superiore: *l'analizzare, il valutare, il creare*. Se ciò può essere vero per qualunque tipo di contesto, la padronanza di tali processi risulta dirimente nelle organizzazioni dove ci si attenda il dominio dei processi di problem solving, problem analysis e pensiero critico.

<i>Processi</i>	Ricordare	Comprendere	Applicare	Analizzare	Valutare	Creare
<i>Contenuti</i>						
Conoscenza fattuale						
Conoscenza concettuale						
Conoscenza procedurale						
Conoscenza metacognitiva						

Fig. 2 - Forme di conoscenza e processi cognitivi secondo la tassonomia di Bloom rivista da Anderson e Krathwohl (2001)

Diversi autori (Holmes, Wieman, Bonn, 2015) concordano nel ritenere l'attivazione del pensiero critico come una *conditio sine qua non* per interventi consapevoli, per prendere decisioni, per agire seguendo un processo controllato e non improvvisato.

Il pensiero critico viene ricondotto a quell'insieme di abilità che permettono di analizzare, nel modo più oggettivo possibile, le informazioni raccolte, confrontarle, valutarle e interpretarle, al fine di giungere a conclusioni chiare e ripercorribili (Robasto, 2020).

In alcuni autori il pensiero critico orientato al decision making è particolarmente enfatizzato; Ennis (1987; 2011), ad esempio, lo definisce come la riflessione e il ragionamento che consentono di decidere che cosa credere o fare. Altri autori invece, sottolineano maggiormente la funzione del pensiero critico per mettere a controllo fatti e credenze. Paul (1993) lo descrive come un processo intellettuale, disciplinato, di concettualizzazione attiva e capace di applicazione, analisi, sintesi, che determina la valutazione di informazioni ottenute o generate dall'osservazione, dall'esperienza, dalla riflessione, dal ragionamento o dalla comunicazione, che guidano le credenze e le azioni.

In ultimo, sono diversi gli autori (Brookfield, 1987; Halpern, 2014; Tarhan, Bacanlı, Dombaycı, Demir, 2011) che hanno studiato il pensiero critico sottolineandone i nessi con il pensiero creativo e propositivo, nonché le sue ricadute nei termini di comportamento prosociale, caratterizzato da una certa agency orientata alla difesa di alcuni valori quali l'onestà, la correttezza, l'equità, la cura dell'altro, la difesa del più debole, la difesa dei valori di un'organizzazione, ecc.

Gli studiosi che hanno approfondito l'analisi del pensiero critico sono tuttavia sempre concordi nel ritenere che dietro un unico costrutto, siano in verità contemplate diverse dimensioni cognitive, che dovrebbero essere ben focalizzate prima di procedere ad una formazione della sua padronanza complessiva.

È bene inoltre richiamare non solo la revisione della tassonomia di Bloom ad opera di Anderson e Krathwohl (2001) ma anche quella di Andrew Churches (2008).

Churches riprende la tassonomia di Anderson e Krathwohl (e dunque anche quella di Bloom) e la amplia con una riflessione sulle tecnologie digitali, associando alle categorie della tassonomia problemi, processi e azioni coinvolti nell'utilizzo delle tecnologie digitali tra cui: la navigazione sul web, il sovraccarico informativo (infowhelm o information overload), la costante crescita di tecnologie ubique e personali anche nei contesti professionali, il cloud computing, la produzione mediale, la pubblicazione in rete di materiali più o meno riservati che possono incidere anche sul contesto, sulla reputazione e sul business aziendale ecc. (Grower, Wedlock, 2017; Marini, 2021; Churches, 2008).

Nel definire gli obiettivi della formazione di un contesto coinvolto da processi innovativi, può essere vantaggioso riflettere criticamente sulle proposte formative già progettate in passato per sorreggere l'innovazione e individuare quante ricadano ancora sui processi cognitivi di ordine basico e quante siano invece già avviate verso un coinvolgimento dei processi cognitivi di ordine superiore. Tale analisi critica è facilmente attuabile se le proposte formative giunte all'impresa abbiano comunicato gli obiettivi di apprendimento della proposta.

Se invece, come talvolta accade, le proposte formative si sono limitate a presentare un elenco di argomenti e contenuti da affrontare in un certo numero di incontri di formazione, questo dovrebbe essere un primo alert per intercettare proposte formative del tutto adeguate per l'innovazione in atto.

2. Workplace Innovation e competenze digitali

Nel paragrafo precedente si è sottolineato come la gestione delle risorse umane nei contesti innovativi, non possa escludere la progettazione degli interventi formativi adeguati.

La mancanza di competenze nei lavoratori, unita a una gestione basica della formazione, può rappresentare un ostacolo alla Workplace Innovation (WI). Infatti, apprendimento, auto-formazione, cooperazione, coinvolgimento sia nel processo decisionale, sia nei processi di innovazione possono essere considerati tra gli aspetti principali della WI (Commissione Europea, 2014).

La trasformazione digitale nel mondo del lavoro ha creato le condizioni tecnologiche e organizzative per esplorare nuovi stili di lavoro, in grado di

migliorare la capacità del singolo individuo di collaborare alla soluzione di problemi non noti (Gallup, 2017). Secondo la ricerca condotta dal Business Innovation Observatory (2015), le competenze dei lavoratori costituiscono un fattore trainante per l'applicazione di pratiche innovative all'interno del posto di lavoro.

L'apprendimento di nuove competenze è fortemente connesso alla risoluzione di *nuovi* problemi legati all'innovazione. Tale apprendimento dovrebbe passare da modalità formative focalizzate su situazioni non ordinarie, cooperative e oggetto di riflessione critica, tarate sugli obiettivi legati innovazione.

Il Quadro di riferimento per le competenze digitali dei cittadini (DigComp; European Commission, 2017) specifica come la competenza digitale, presupponga l'interesse per le tecnologie digitali e il loro utilizzo con dimestichezza, spirito critico e responsabile (Joint Research Center, 2019; Council Recommendation on Key Competences for Lifelong Learning, 22 May 2018).

Il DigComp² classifica i livelli di padronanza e le funzionalità nel campo dell'apprendimento. Descrive un meccanismo di causa-effetto tra i livelli di padronanza delle competenze (base, intermedio, avanzato, altamente specializzato) e i risultati di apprendimento.

Le aree di competenza individuate da DigComp, sono 5: Informazione e data literacy; Comunicazione e collaborazione; Creazione di contenuti digitali; Sicurezza; Problem-solving. Suddivise nelle varie aree di competenza sono poi state individuate e descritte 21 competenze.

Nella prima area *Informazione e data literacy*, sono descritte tre competenze: navigare, ricercare e filtrare le informazioni; valutare dati, informazioni e contenuti digitali; gestire dati, informazioni e contenuti digitali.

Nella seconda area *Comunicazione e collaborazione*, si sviluppano sei competenze: interagire con le tecnologie digitali; condividere con le tecnologie digitali; impegnarsi nella cittadinanza con le tecnologie digitali; collaborare attraverso le tecnologie digitali; netiquette; gestire l'identità digitale.

La terza area, *Creazione di contenuti digitali*, include tre competenze: sviluppare contenuti digitali; integrare e rielaborare contenuti digitali; copyright e licenze; programmazione. Nella quarta area, *Sicurezza*, si svi-

2. Il framework DigComp si articola in 5 dimensioni: Aree di competenze individuate come facenti parte delle competenze digitali; Descrittori delle competenze e titoli pertinenti a ciascuna area; Livelli di padronanza per ciascuna competenza; Conoscenze, abilità e attitudini applicabili a ciascuna competenza; Esempi di utilizzo sull'applicabilità della competenza per diversi scopi.

luppano quattro competenze: proteggere i dispositivi; proteggere i dati personali e la privacy; tutelare la salute e il benessere; proteggere l'ambiente.

Nell'ultima area, *Problem-solving*, sono individuate quattro competenze: risolvere problemi tecnici; identificare i bisogni e le risposte tecnologiche; usare creativamente le tecnologie digitali; identificare i gap di competenza digitale.

Nel modello ogni livello di padronanza rappresenta un passo in più nell'acquisizione delle competenze in base alla sfida cognitiva, alla complessità delle attività che possono gestire e alla loro autonomia nello svolgimento dell'attività.

Le competenze digitali possono essere acquisite attraverso un programma di apprendimento esperienziale, basato su situazioni problema. L'adozione di tale approccio pedagogico, che ruota attorno alla pratica e alla sperimentazione, permette uno sviluppo e una distribuzione più efficiente delle competenze nelle attività di apprendimento (Guitert, Romeu, Colas, 2020).

La competenza digitale è una competenza sempre più richiesta dal mercato del lavoro (Guitert, Romeu, Colas, 2020; Agid, 2017). L'indagine svolta dall'Osservatorio delle competenze digitali (2017) mostra come tra i maggiori ostacoli allo sviluppo e all'acquisizione di competenze, vi sia un costo elevato della formazione tecnologica, la scarsità di candidati con competenze di base adeguate, il disallineamento dell'offerta formativa con la domanda. Dall'analisi emerge la necessità di una maggiore integrazione tra skills di natura tecnologica e soft skills, quali pensiero critico, creatività, intelligenza emotiva, capacità di leadership e di gestione del cambiamento (Agid, 2017). Le figure professionali emergenti implicano un maggiore utilizzo degli ICT-enabled technologies (ICT-ET), non solo dal punto di vista applicativo-procedurale ma anche dal punto di vista cognitivo. Ciò comporta apprendere ad essere autosufficienti nell'utilizzo della tecnologica, flessibili e resilienti (European Risk Observatory, 2018).

Bibliografia

- Anderson L.W., Krathwohl D. (2001), *A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: a Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*, Longman, New York.
- Atherton A. (2004), "Unbundling Enterprise and Entrepreneurship: From Perceptions and Preconceptions to Concept and Practice", *International Journal of Entrepreneurship and Innovation*, 5(2), pp. 121-127. DOI: 10.5367/000000004773863273

- Brookfield S. (1987), *Developing critical thinking: Challenging adults to explore alternative ways of thinking and acting*, Jossey-Bass, San Francisco.
- Cedefop - European Centre for the Development of Vocational Training (2020), *Empowering Adults through Upskilling and Reskilling Pathways. Volume 1: Adult Population with Potential for Upskilling and Reskilling*, Publications Office of the European Union. DOI: 10.2801/475393
- Churches A. (2008), *Bloom's Digital Taxonomy*. Project: Pedagogy.
- Ennis R.H. (2011), *Critical thinking: reflection and perspective*, National Education, Washington, DC.
- European Commission (2014), *Workplace Innovation Concepts and indicators*, Publications Office of the European Union. DOI: 10.2760/38842
- European Commission (2017), *DigComp 2.1 The Digital Competence Framework for Citizens - With eight proficiency levels and examples of use*, Publications Office of the European Union. DOI: 10.2760/38842
- European Commission (2018), *Council Recommendation on Key Competences for Lifelong Learning, 22 May 2018*, Official Journal of the European Union.
- European Commission, Business Innovation Observatory (2015), *Solutions for enhancing workplace productivity*, Publications Office of the European Union.
- European Risk Observatory (2018), *Foresight on new and emerging occupational safety and health risks associated with digitalisation by 2025*, Publications Office of the European Union.
- Gallup (2017), *Report: State of the Global Workplace*, Gallup Press, New York.
- Guitert M., Romeu T., Colas J.-F. (2020), *Basic digital competences for unemployed citizens: conceptual framework and training model*, Cogent Education. DOI: <https://doi.org/10.1080/2331186X.2020.1748469>
- Grower R., Wedlock B.C. (2017), "The Technology Driven Student: How to Apply Bloom's Revised Taxonomy to the Digital Generations", *Journal of Education & Social Policy*, vol. 7, n. 1. https://jespnet.com/journals/Vol_4_No_1_March_2017/4.pdf
- Halpern D.F. (2014), *Thought and knowledge: An introduction to critical thinking*, 5th ed., Psychology Press.
- Holmes N.G., Wieman C.E., Bonn D.A. (2015), "Teaching Critical Think", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(36), pp. 11199-11204. DOI: 10.1073/pnas.1505329112
- Joint Research Center (2019), *The changing nature of work and skills in the digital age*, Publications Office of the European Union. DOI: 10.2760/679150
- Marini D., Setiffi F. (2021), *Transformer Le metamorfosi digitali delle imprese del Nord Est*, IRIS.
- Paul R. (1993), *Critical Thinking: What every person needs to survive in a rapidly changing world*, Foundation for Critical Thinking, Santa Rosa, CA.
- PWC (2019), *Digital Skills: Come ripensare l'istruzione e la formazione nell'era digitale: competenze digitali e nuovi modelli per l'apprendimento*, Ufficio Studi.
- Robasto D. (2020), "Evaluate critical and creative thinking in higher education", *Form@re - Open Journal per la formazione in rete*, ISSN 1825-7321, vol. 20, n. 1.

- Tarhan S., Bacanlı H., Dombayci M.A., Demir M. (2011), “Quadruple thinking: Caring thinking”, *Procedia Social and Behavioral Science*, 12, pp. 552-561. DOI: 10.1016/j.sbspro.2011.02.065
- Trincherò R. (2018), “Valutazione formante per l’attivazione cognitiva. Spunti per un uso efficace delle tecnologie per apprendere in classe”, *Italian Journal of Educational Technology*, 26(3), pp. 40-55. DOI: 10.17471/2499-4324/1013
- World Economic Forum (2020), *The Future of Jobs Report*. www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020/in-full

3. Innovazione tecnologica e fiducia nei luoghi di lavoro. Problemi e prospettive giuridiche¹

di *Marco Isceri e Fabio Macioce*

1. Premessa

L'innovazione tecnologica ha favorito l'introduzione della robotica collaborativa nei luoghi di lavoro. Soprattutto nelle aziende manifatturiere di grandi dimensioni, ovvero in contesti aziendali in grado di investire nei sistemi di automazione e di permettersi le competenze necessarie per la loro implementazione, la prospettiva di benefici economici e organizzativi (Faccio *et al.*, 2020) offerta dai robot collaborativi ha consentito una organizzazione di processi produttivi basata sulla condivisione di competenze umane e robotiche. Allo stesso tempo, la crescente adozione della robotica collaborativa da parte delle piccole e medie imprese (PMI) (Villani *et al.*, 2018) presenta potenzialità interessanti e problemi specifici, soprattutto nella misura in cui richiede l'apprendimento di nuove capacità e lo sviluppo di nuove pratiche di lavoro (Mateescu, Elish, 2019).

Tutti gli aspetti tecnici, organizzativi, gestionali, relativi all'introduzione dei cobot nei luoghi di lavoro, rappresentano non semplicemente delle sfide in se stessi, ma hanno un evidente impatto sulla esperienza quotidiana dei lavoratori, e sulle relazioni nei luoghi di lavoro: i cobot hanno insomma un impatto sulle pratiche e i processi di produzione, certamente, ma hanno un non minore impatto sugli aspetti relazionali ed esistenziali che nei luoghi di lavoro si sviluppano (Wallace, 2021). Peraltro, mentre i robot industriali sono stati progettati per essere separati dagli utilizzatori umani, confinati, per ragioni di sicurezza, i cobot perdono di principio questa connotazione come oggetti pericolosi e divengono oggetti di prossimità (Fletcher *et al.*, 2017). Non si tratta solo di una differenza quantitativa, o

1. Il presente contributo è frutto del lavoro realizzato nell'ambito del progetto di ricerca finanziato da Inail BRIC 2019 ID 50 - TRADARS www.tradars.it.

qualitativa, quanto piuttosto appare una differenza di senso: sono partner di una prassi di lavoro, non oggetti d'uso, né pericolosi macchinari fisicamente e concettualmente separati dai lavoratori umani (Faccio *et al.*, 2017).

Queste nuove tecnologie cambiano infatti il modo in cui gli individui svolgono il proprio lavoro, il modo in cui i dipendenti si relazionano tra loro e il modo in cui le organizzazioni operano e sono gestite. In questo senso, la crescente adozione di robot collaborativi nel settore manifatturiero non si limita a richiedere nuove capacità e competenze ai lavoratori, ma richiedono lo sviluppo di nuove pratiche di lavoro, nuove regole e nuovi valori, dando luogo a complesse strategie di appropriazione e rielaborazione dei valori connessi al lavoro stesso. In questo senso, alcune sfide peculiari si pongono come conseguenza dell'introduzione della robotica collaborativa nei luoghi di lavoro.

Tra queste, v'è la necessità di comprendere l'implementazione dei cobot come un processo di apprendimento complesso, che coinvolge non semplicemente il singolo operatore ma il contesto di lavoro nel suo insieme. E similmente, è necessario comprendere che i principi e i valori che orientano la riorganizzazione dei contesti lavorativi in conseguenza di tale innovazione non possono essere semplicemente forniti top down, ma devono emergere – proprio per l'impatto relazionale della robotica collaborativa – come risultato della negoziazione fra individui e gruppi.

2. La regolazione della robotica collaborativa

Sul piano della regolazione, per limitare gli effetti negativi derivanti dall'introduzione di strumenti di robotica collaborativa e intelligenza artificiale, è necessario un approccio multi-attore e interdisciplinare alla regolamentazione.

A questo proposito, così come affermato dalla Commissione europea nel Libro Bianco 2020, il coinvolgimento delle parti sociali è un fattore cruciale per garantire un approccio antropocentrico. Di fronte alle trasformazioni in atto, i sindacati devono assumere un ruolo attivo nell'innovare le strategie per rispondere alle nuove richieste di tutela, favorendo il coinvolgimento dei lavoratori nella riorganizzazione e nel ripensamento delle prassi aziendali soggette a trasformazione tecnologica. Al contempo, è importante una analisi teorica dei problemi e delle sfide rappresentate dalla robotica collaborativa nei luoghi di lavoro. Attualmente, nonostante sia in corso un vasto dibattito tra specialisti di diverse aree del sapere a livello nazionale e internazionale su come governare l'innovazione tecnologica, sono ancora pochi gli studi organici e completi di giuslavoristi, sociologi,

filosofi del diritto, rappresentanti dei sindacati sull'impatto delle tecnologie nei luoghi di lavoro. È invece cruciale che si discutano i profili di vulnerabilità determinati dall'introduzione sempre più massiccia della robotica collaborativa nei luoghi di lavoro, individuando principi (sul piano etico e giuridico) per governare queste nuove relazioni, mitigando così i rischi e le incertezze e consentendo alle persone di proteggersi e di creare un ambiente di lavoro dignitoso.

Nella misura in cui ai lavoratori viene chiesto di interagire con partner non umani, i benefici in termini di efficienza possono accompagnarsi a una difficile rimodulazione delle relazioni fiduciarie normalmente presenti sui luoghi di lavoro, amplificando le fragilità e le inefficienze umane e orientando scelte e obiettivi individuali e aziendali. La mancanza di vicinanza emotiva e di empatia può influenzare il comportamento delle persone e dei lavoratori e, in ultima analisi, minare la loro capacità di affrontare rischi e incertezze. Non è chiaro, tuttavia, se e in che misura i cobot siano in grado di influenzare il comportamento delle persone con cui interagiscono e quali siano gli effetti di tale interazione.

Questo aspetto è in effetti cruciale perché, come descritto da M. Scheutz (2012), gli esseri umani sono profondamente inclini ad attribuire intenzioni ai cobot per poter dare un senso ai loro comportamenti, tanto che, fin dalle fasi di progettazione, questa tendenza psicologica degli esseri umani può essere utilizzata per rafforzare l'accettazione dei robot nel mondo sociale dei loro utenti (Sullins, 2008). Di conseguenza, è cruciale problematizzare questa inclinazione umana, il significato esistenziale dei legami tra esseri umani e cobot e le potenziali fallacie e i rischi di questa fiducia tra essere umano e robot. Come sostiene Weckert (2005), poiché nella maggior parte dei casi ci fidiamo inconsciamente e per default delle infrastrutture tecniche che utilizziamo, è necessario ristrutturare le routine di lavoro degli operatori e apprendere nuovi comportamenti e abilità che possano sostenere questa fiducia, sia nelle relazioni uno a uno, sia nelle relazioni di gruppo.

La crescente adozione dei cobot nei luoghi di lavoro richiede insomma l'apprendimento di nuove capacità e lo sviluppo di nuove pratiche lavorative. L'implementazione dei cobot trasforma il modo in cui ci si aspetta che le persone interagiscano e lavorino, rendendo i loro ambienti di vita e lavoro particolarmente dinamici, poiché le questioni etiche e giuridiche sollevate co-evolvono attraverso l'introduzione di nuove tecnologie. Partendo dal presupposto che i robot potrebbero essere, con eguale facilità, sia un fattore di accelerazione in un processo di erosione della fiducia, sia un elemento propulsivo per una riorganizzazione delle relazioni di lavoro, è importante comprendere in una prospettiva regolativa quali principi e pratiche possano sostenere relazioni di fiducia. Fiducia e affidamento nella robotica, se me-

diati da un solido quadro di principi etici e legali, sono obiettivi ragionevoli per le future relazioni sul posto di lavoro.

Tre aspetti, tra i molti, meriterebbero uno specifico approfondimento da parte degli enti regolatori, in tale ottica di sostegno delle relazioni fiduciarie. Il profilo della trasparenza; il profilo dell'identificabilità; il profilo della prevedibilità. Quanto al primo aspetto, è importante rilevare come spesso i cobot siano opachi rispetto all'utilizzatore in ragione della loro capacità di multi-tasking, ovvero di eseguire contemporaneamente più processi. Questa caratteristica, pur essendo utile in alcune situazioni, può essere dannosa per la fiducia in un ambiente umano-robotico, perché rende opaca gran parte dell'azione del proprio partner nell'interazione. Allo stesso modo, se nell'interazione umana ciascun partner è chiaramente identificabile, ciò non avviene (o non è necessario che avvenga) nell'interazione con i cobot; e anche in tal caso, i vantaggi pratici della sostituibilità di ciascun cobot con altro della medesima tipologia può generare questioni in merito alla affidabilità e alla disponibilità del partner umano a fidarsi. Ancora, mentre nelle interazioni umane l'investimento di fiducia poggia sulla conoscenza (o l'ipotesi di conoscenza) dei loro meccanismi decisionali (valori, preferenze, atteggiamenti, impegni), in virtù della quale possiamo aspettarci da loro un certo comportamento, non è detto che ciò sia possibile nell'interazione con i cobot. Il problema – ampiamente dibattuto – della black box, rappresenta anche una sfida per le attività lavorative, poiché è rilevante che un lavoratore sappia se ha ragioni sufficienti per fidarsi delle decisioni dei cobot basate su algoritmi opachi, ovvero anche quando non sia possibile capire come sono state prese tali decisioni.

3. La SSL nell'ambito della HRC

Uno degli aspetti di maggiore interesse per i giuristi con riguardo alla robotica è certamente quello che collega responsabilità e sicurezza. Non a caso, negli ultimi anni, proprio per favorire la diffusione di questi nuovi prototipi, l'industria robotica è impegnata nella enunciazione di standard nazionali ed internazionali di sicurezza.

La Risoluzione del Parlamento Europeo “Raccomandazioni alla Commissione concernenti norme di diritto civile sulla robotica” del 16 febbraio 2017, tuttavia, si occupa prevalentemente di profili riferibili al diritto civile, lasciando pertanto irrisolte molte questioni giuslavoristiche.

In ambito giuslavoristico, il tema della responsabilità del produttore sembra possa restare sullo sfondo, dato che l'impiego di robot potenziati da intelligenza artificiale obbligherebbe contrattualmente l'imprenditore ad adottare ogni misura che, secondo tecnica, risulti necessaria per tutelare

“l’integrità fisica e la personalità morale” (per rifarsi alla fattispecie codicistica italiana contenuta nell’art. 2087 c.c.) dei propri lavoratori. Ciò che emerge dall’osservazione dei contesti di implementazione della robotica collaborativa è piuttosto l’importanza dello sviluppo di efficaci percorsi di formazione per l’accettazione delle nuove tecnologie e il loro corretto utilizzo da parte dei lavoratori.

In questo contesto, il welfare aziendale può costituire un elemento idoneo a realizzare (o a concorrere a realizzare) una mitigazione efficace dei rischi incentivando, ad esempio, la formazione continua dei dipendenti che eviti l’obsolescenza della loro professionalità per effetto dell’innovazione digitale, ovvero la ridefinizione della struttura del contratto collettivo di lavoro, da intendersi come contratto ibrido, ossia formato da due parti, una collettiva e solidarista e un’altra che ha ad oggetto aspetti che riguardano attualmente solo la contrattazione individuale (orari e quote di salario) (Isceri, Luppi, 2022). Quello della formazione professionale, insomma, appare destinato a divenire uno dei terreni elettivi di sperimentazione di nuove politiche attive del lavoro e di nuovi strumenti normativi.

Dal momento che l’introduzione di sistemi di collaborazione uomo-robot porta con sé importanti modifiche in ogni ambito dell’impresa, ciò si traduce in un’esigenza globale di formazione che investe l’intera struttura del personale e tutte le funzioni di un’azienda. Inoltre, è importante sottolineare che l’introduzione di tali sistemi comporta requisiti di qualificazione molto più complessi rispetto a quanto avviene, ad esempio, con l’integrazione di soluzioni di automazione classiche. È necessario che le aziende determinino con precisione le esigenze formative dei differenti profili al fine di rendere il proprio personale idoneo alle sfide tecniche e organizzative attraverso corsi di formazione su misura. Di norma, il primo passo consiste nell’aumentare la consapevolezza sul tema della collaborazione uomo-robot, riducendo così la paura del contatto. Il coinvolgimento precoce di tutti i dipendenti interessati è essenziale a tal proposito.

4. Le misure di prevenzione (la formazione e la partecipazione)

Come ribadito di recente dall’Agenzia europea in materia di sicurezza e salute sul lavoro (OSHA, 2022)², la partecipazione e il coinvolgimento

2. Eurofound (2015), “New forms of employment”, testo disponibile al sito: www.eurofound.europa.eu/publications/report/2015/working-conditions-labour-market/new-forms-of-employment; European Commission (2018). “Council Recommendation

attivo dei dipendenti costituisce una misura essenziale per prevenire gli impatti negativi dell'AI e della robotica collaborativa sulla SSL e, conseguentemente, sulla base di una più accentuata consapevolezza condivisa, per individuare le possibili opportunità che ne derivano. La gestione condivisa delle informazioni relative alle tecnologie impiegate nei luoghi di lavoro dovrebbe prevedere la partecipazione dei lavoratori in tutte le fasi della progettazione, dello sviluppo, dell'attuazione e della valutazione dei sistemi introdotti.

Partendo da questo presupposto, i lavoratori non dovrebbero semplicemente ricevere un'informazione già formata compiutamente nei suoi tratti essenziali ad opera dell'Azienda, ma dovrebbero presenziare al “tavolo delle decisioni”, quantomeno sui temi di impatto più immediato sulla loro salute come la salvaguardia della privacy e della protezione dei dati dei lavoratori, la sorveglianza, il tracciamento e il monitoraggio, la trasparenza delle finalità degli algoritmi di IA.

Non è questa la sede per entrare nel merito di tutte le proposte avanzate per realizzare il progetto di una relazione sindacale matura in materia di AI ma, tra gli interventi più recenti, si segnalano gli autori che hanno esaminato la gestione algoritmica partecipativa per il benessere dei lavoratori, oltre a metodi di elicitazione per la costruzione di modelli di benessere. Pur se generalmente viene evidenziato l'impatto positivo di un simile metodo di (co)gestione aziendale relativa ai sistemi tecnologici di AI, non può non notarsi che, nella realtà dei fatti, simili esempi virtuosi di comunicazione trasparente e di coinvolgimento dei lavoratori costituiscono l'eccezione piuttosto che la norma e, anzi, nella maggior parte dei casi, i vertici aziendali si limitano a informare i lavoratori quando tali sistemi vengono integrati nel loro spazio di lavoro e nella loro attività con un coinvolgimento che ha – però – tutti i tratti della “notifica”.

Del resto, anche una partecipazione “semplice” nei confronti di lavoratori non formati adeguatamente rischierebbe di trasformarsi in una misura meramente formale, utile per aumentare la reputazione aziendale ma,

on Key Competences for Lifelong Learning, 22 May 2018”: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.C_.2018.189.01.0001.01.ENG; European Agency for Safety and Health at Work, 2018, “Foresight on new and emerging occupational safety and health risks associated with digitalisation by 2025”: <https://osha.europa.eu/en/publications/foresight-new-and-emerging-occupational-safety-and-health-risks-associated/view>; European Agency for Safety and Health at Work (2019), “OSH and the Future of Work: benefits and risks of artificial intelligence tools in workplaces”: <https://osha.europa.eu/en/publications/osh-and-future-work-benefits-and-risks-artificial-intelligence-tools-workplaces/view>; European Agency for Safety and Health at Work (2022), “OSH Artificial intelligence for worker management: implications for occupational safety and health”: file:///C:/Users/avvma/Downloads/artificial-intelligence-worker-management_en.pdf.

inevitabilmente, riduttiva nel garantire lo sviluppo, l'implementazione e la valutazione etica e trasparente di tali sistemi, in definitiva limitando il contributo di lavoratori che potrebbero non avere le competenze e le conoscenze necessarie per comprendere appieno i sistemi AIWM e i loro potenziali rischi.

Ci si chiede, quindi, se non sia opportuno operare un passo ulteriore rispetto alla sola affermazione di principio circa il doveroso coinvolgimento dei lavoratori e il miglioramento qualitativo di una formazione adeguata. Pare utile in proposito un sistema in cui i “consigli di lavoro” o altre forme di rappresentanze dei lavoratori (in Italia vi sono le RSU) possono avvalersi di esperti interni ed esterni per porre questioni sull'utilizzo dei dati e sul funzionamento dei sistemi algoritmici e di intelligenza artificiale. Allo stesso tempo, è necessario sviluppare un quadro etico a livello UE per la digitalizzazione, che definisca le modalità di utilizzo della robotica e dei sistemi basati sull'intelligenza artificiale sul luogo di lavoro, tenendo anche conto della peculiarità di ogni ambiente di lavoro³.

5. Il sindacato quale protagonista della mitigazione dei rischi tecnologici

Alla luce di tali considerazioni, pare evidente che l'innovazione digitale pone una sfida inedita alle parti delle relazioni industriali, nella loro attività contrattuale, come nelle forme partecipative. È certamente immaginabile, quindi, un diritto di partecipazione all'uso delle tecnologie che governano i processi produttivi per la tutela degli interessi dei lavoratori (Gaudio, 2022; Razzolini, 2019, 2021; Piccinini, Isceri, 2022).

Questo risultato potrebbe prodursi anche mediante un maggior coinvolgimento delle RSA/RSU, con specifico riferimento alla formazione: ciò rappresenta infatti uno dei requisiti alla base del modello di organizzazione e di gestione di cui al D.lgs. 231/2001, grazie alla circolazione delle informazioni e dei dati, alla diffusione della conoscenza e consapevolezza dei rischi, al confronto e al dialogo tra tutti gli attori coinvolti, nonché al con-

3. Ad esempio, secondo il report OSHA pubblicato nel luglio del 2022, la trasparenza può essere garantita: (i) dando ai lavoratori i mezzi per negoziare il modo in cui i loro dati vengono raccolti, analizzati, immagazzinati e venduti; (ii) assicurando la rappresentanza dei lavoratori nella co-governance dei sistemi basati sull'IA; (iii) costruendo una chiara linea di responsabilità su ciò che dovrebbe accadere se un sistema di IA porta a un danno per gli esseri umani; (iv) assicurando che gli sviluppatori di sistemi di IA siano trasparenti sul modo in cui operano; e (v) assicurando che tali sistemi siano sviluppati, utilizzati e valutati seguendo un approccio incentrato sull'uomo.

trollo e alla verifica dei risultati nell'applicazione sul lavoro (Tiraboschi, Seghezzi, 2016; Ferrari, 2020).

Le istituzioni europee hanno fatto ampio riferimento al tema della formazione dei lavoratori per confrontarsi con i cambiamenti del mondo del lavoro e per favorire uno sviluppo sostenibile, anche dal punto di vista della salute e sicurezza. In particolare, con la risoluzione del Consiglio dell'Unione europea 2011/C 372/01, l'Unione ha riconosciuto allo sviluppo delle competenze e al *lifelong learning* un ruolo chiave per una crescita intelligente, sostenibile, inclusiva e sicura. A questa risoluzione si è affiancata la raccomandazione del Consiglio del 22 maggio 2018 (2018/C 189/01) sul *lifelong learning*. Allo stesso tempo, un altro riferimento di rilievo è il Pilastro europeo dei diritti sociali, in cui è presente e in posizione di preminenza la sezione relativa ad *Istruzione, formazione e apprendimento permanente*.

In definitiva, sarebbe opportuna la creazione di un'azione sindacale aziendale *data driven*, che negozi accordi intesi come descrizioni precise di processi, come analisi destinata a guidare lo sviluppo del *software*, in modo che la descrizione digitale dei processi non possa evitare di tenere conto di quanto concordato.

A complemento, il sindacato potrà chiedere di partecipare alle fasi di test delle procedure informatizzate destinate a governare punti critici dei processi, in modo da poter verificare, prima del suo rilascio, che le prestazioni del *software* siano coerenti con gli accordi sottoscritti.

In questi termini, è preziosa l'ascesa del *welfare* aziendale che ha arricchito le coordinate tradizionali del patto lavoro/retribuzione, facendovi rientrare non solamente la soddisfazione economica del dipendente, ma anche il suo benessere, che passa anche attraverso il suo maggior coinvolgimento consapevole in azienda. Il tema del *welfare* ha ripreso vigore recentemente con l'entrata in vigore del cd Decreto Aiuti *bis* che, all'art. 12, prevede – in deroga al TUIR – che non concorra a formare il reddito il valore dei beni ceduti e dei servizi prestati ai lavoratori dipendenti entro il limite complessivo di euro 600,00 (il tetto precedente era di 258,00 euro).

Appare necessario, in definitiva, un sempre crescente ripensamento del ruolo del *welfare* aziendale da parte delle aziende, le quali devono continuare ad offrire a tutti i dipendenti risposte ai nuovi bisogni e ai nuovi rischi sociali che vanno presentandosi e ai quali i “canonici” strumenti di *welfare* non riescono più a far fronte. L'idea di fondo è che per un'azienda sia importante formare tempestivamente i propri comitati aziendali per quel che concerne la *human & robot collaboration* (HRC), soprattutto in riferimento alla sua accettazione. In questo senso, è opportuno che le aziende veicolino alle rappresentanze dei lavoratori le nozioni di base e,

allo stesso tempo, riconoscano le opportunità offerte da questi sistemi e ne mettano al corrente i dipendenti stessi.

In ogni caso, quello della transizione digitale – con tutte le conseguenze che ne derivano e qui sono state solo in parte analizzate – è uno dei terreni, come altri di cui si è accennato sopra, che ripropongono la questione centrale se le modifiche del mercato del lavoro indotte dalla digitalizzazione potranno o meno comportare un aumento/superamento delle disegualianze tra i lavoratori. Ciò implica la possibilità che il contratto aziendale (Tiraboschi, 2017; Spinelli, 2018; Tinti, 2020) possa regolare l'intera materia dell'organizzazione e del sistema di retribuzione del lavoro e, nell'era della globalizzazione, questo è probabilmente il ruolo più importante che un sindacato al passo con i tempi può svolgere nell'interesse dei propri rappresentati (Engblom, 2017; Lassandari, 2017; Magnani, 2021).

Bibliografia

- Engblom S. (2017), “Una prospettiva sindacale su digitalizzazione e Gig economy”, *Riv. Giur. Lav.*, n. 2, p. 357.
- Faccio M., Bottin M., Rosati G. (2019), “Collaborative and traditional robotic assembly: A comparison model”, *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 102, n. 5-8, pp. 1355-1372.
- Faccio M., Minto R., Rosati G., Bottin M. (2020), “The influence of the product characteristics on human-robot collaboration: a model for the performance of collaborative robotic assembly”, *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 106, n. 5-6, pp. 2317-2331.
- Ferrari V. (2020), “Recensione de: Paul R. Daugherty, H. James Wilson, Human + Machine. Ripensare il lavoro nell'età dell'intelligenza artificiale”, *Lav. Dir. Eu.*, n. 2.
- Fletcher S.R., Webb P. (2017), “Industrial robot ethics: The challenges of closer human collaboration in future manufacturing systems”, in *A World with Robots*, Springer International Publishing, Cham, pp. 159-169.
- Gaudio G. (2022), “Algorithmic management, sindacato e tutela giurisdizionale”, *Dir. Rel. Ind.*, vol. 1, p. 30.
- Isceri M., Luppi R. (2022), “L'impatto dell'intelligenza artificiale nella sostituzione dei lavoratori: riflessioni a margine di una ricerca”, *Lav. Dir. Eu.*, vol. 1.
- Lassandari A. (2017), “Problemi di rappresentanza e tutela collettiva dei lavoratori che utilizzano tecnologie digitali”, *Quaderni RGL*, n. 2, p. 59 ss.
- Magnani M. (2021), “Contrattazione collettiva e relazioni sindacali post Covid”, *Lav. Dir. Eu.*, n. 1.
- Mateescu A., Elish M. (2019), *AI in context: the labor of integrating new technologies*.

- Piccinini I., Iserci M. (2022), “IA, lavoro e futuro del Sindacato: brevi riflessioni”, *Munera*, n. 1.
- Razzolini O. (2019), “Azione di classe risarcitoria e azione collettiva inibitoria: novità anche per il Diritto del lavoro?”, *Arg. Dir. Lav.*, vol. 1, p. 92.
- Razzolini O. (2021), “Riders, condotta antisindacale e ruolo del sindacato: il processo come strumento di rilancio dell’azione sindacale nella gig economy”, *Giustiziacivile.com*, 13 settembre 2021, p. 12.
- Scheutz M. (2012), “The Affect Dilemma for Artificial Agents: Should We Develop Affective Artificial Agents?”, *IEEE Transactions on Affective Computing*, vol. 3, n. 4, pp. 424-433.
- Spinelli C. (2018), *Tecnologie digitali e lavoro agile*, Bari.
- Sullins J.P. (2008), “Friends by design: A design philosophy for personal robotics technology”, in *Philosophy and design*, Springer, Dordrecht, pp. 143-157.
- Tinti A.R. (2020), “Il lavoro agile e gli equivoci della conciliazione virtuale”, *CSDLE*, n. 419.
- Tiraboschi M. (2017), “Il lavoro agile tra legge e contrattazione collettiva: la tortuosa via italiana verso la modernizzazione del diritto del lavoro”, *Dir. rel. ind.*, n. 2.
- Tiraboschi M., Seghezzi F. (2016), “Il Piano nazionale Industria 4.0: una lettura lavoristica”, *Labour and Law Issues*, vol. 2, p. 7.
- Villani V., Pini F., Leali F., Secchi C. (2018), “Survey on human-robot collaboration in industrial settings: Safety, intuitive interfaces and applications”, *Mechatronics (Oxf.)*, vol. 55, pp. 248-266.
- Wallace J. (2021), “Getting collaborative robots to work: A study of ethics emerging during the implementation of cobots”, *Paladyn, Journal of Behavioral Robotics*, vol. 12, n. 1, pp. 299-309.
- Weckert J. (2005), “Trust in cyberspace”, *The impact of the internet on our moral lives*, pp. 95-120.

4. Nuovi strumenti per la gestione della salute e sicurezza sul lavoro con i cobot¹

di Margherita Bernabei, Francesco Costantino,
Andrea Falegnami e Sara Stabile

1. Introduzione

Il termine cobot nasce dalla sintesi di *collaborative robot*, riferendosi a quelle applicazioni robotiche in cui persona e robot interagiscono fisicamente in un ambiente condiviso, senza sistemi di separazione. Se si pensa, infatti, alla tipica applicazione di robot industriali, un robot si muove a grande velocità in spazi recintati inaccessibili all'operatore (Cohen *et al.*, 2022; Gualtieri, Rauch, Vidoni, 2021; Hentout *et al.*, 2019; El Zaatari *et al.*, 2019); diversamente, i cobot operano in spazi raggiungibili dalle persone svolgendo attività solitamente a velocità piuttosto ridotte.

Le applicazioni dei cobot sono sempre maggiori grazie all'evoluzione tecnologica che ne aumenta le funzionalità e ne riduce i costi. Le categorie principali di cobot sono tre: quelli che supportano l'uomo nello studio della natura, che potremmo chiamare "cobot esplorativi", che permettono di acquisire conoscenze lì dove gli ambienti sono particolarmente ostili (profondità degli oceani, vastità dello spazio, ecc.) e quindi affiancano l'uomo sostituendolo nelle attività più rischiose per la propria incolumità o per il successo della missione esplorativa; esempi sono i sistemi robotici di identificazione mine, i ranger spaziali, i droni che seguono i ricercatori raccogliendo dati e via dicendo. La seconda categoria è quella dei "cobot per la persona" che, ad esempio, supportano gli anziani e persone con disabilità e in generale si occupano di attività di cura e educazione. La terza categoria, di nostro interesse, riguarda i "cobot produttivi", che supportano nella realizzazione di beni o erogazione servizi per l'industria o il commercio. La applicazione di questi ultimi permette di far svolgere loro attività nocive, anche solo potenzialmente, per l'operatore, in termini di ergonomia

1. Il presente contributo è frutto del lavoro realizzato nell'ambito del progetto di ricerca finanziato da Inail BRIC 2019 ID 50 - TRADARS www.tradars.it.

o carico psicologico. Inoltre, poiché le prestazioni dei sistemi robotici sono elevate, con i cobot le imprese riescono solitamente ad ottenere anche un miglioramento di produttività, con aumento di velocità e riduzione di difetti o errori (El Zaatari *et al.*, 2019; Galin, Meshcheryakov, 2019).

Nelle industrie, il livello di collaborazione tra robot e persona può essere più o meno elevato, andando da operatore e cobot che lavorano in maniera **indipendente** e su pezzi differenti, semplicemente condividendo lo spazio, al lavoro **contemporaneo** sullo stesso pezzo, alle operazioni svolte dai due soggetti in sequenza, fino al caso in cui persona e robot **si supportano** a vicenda nello svolgimento di una singola operazione (ad esempio nei casi di co-manipolazione dei pezzi).

Diverse sono le tipologie di attività manifatturiere che in diverse aziende beneficiano del supporto di cobot (El Zaatari *et al.*, 2019): la movimentazione di oggetti, soprattutto se pesanti o da posizionare con precisione; l'assemblaggio, in cui il cobot recupera pezzi da posizioni non immediatamente raggiungibili o identificabili dall'operatore, svolge alcune operazioni rischiose (ad esempio la saldatura), o semplifica alcune operazioni che altrimenti richiederebbero più operatori ma solo in alcuni momenti; il controllo, demandando al sistema robotico la verifica del rispetto delle specifiche di produzione, lavoro spesso ripetitivo e tedioso.

L'attuale livello di mercato e diffusione dei cobot colloca questa tecnologia dell'Industria 4.0 tra le più pervasive, come mostra il settore dell'*automotive*, in cui attualmente utilizzano cobot aziende come BMW, Audi, Volkswagen, Nissan e Skoda. In generale, il mercato dei cobot ha subito una flessione a inizio pandemia per poi riprendersi completamente nel 2021, grazie a un ritorno sull'investimento di circa 2-3 anni. Chiaramente le aziende hanno verificato come l'automazione non soffrisse la pandemia, portando ad una spinta che oggi fa stimare una crescita attorno al 20-30% annuo del mercato. I settori più impattati sembrano essere quelli che stanno automatizzando il confezionamento e la movimentazione flessibile dei prodotti, ad esempio l'alimentare, in cui i volumi produttivi permettono un grande risparmio. I più famosi cobot industriali sono lo YuMi di ABB, il LBR iiwa di KUKA, il Motoman di Yaskawa, ma i modelli disponibili sono sempre di più.

2. I rischi per la salute e sicurezza sul lavoro quando si implementa un cobot

La diffusione dei cobot apre la necessità di ragionare sulle capacità e competenze richieste agli operatori che si trovano ad utilizzarli, così come sui modelli formativi più adatti a garantire le condizioni di salute e

sicurezza per tali operatori. Infatti, se da un lato le aziende valutano l'introduzione dei cobot nei propri processi solitamente con una tradizionale valutazione costi-benefici e di ritorno sull'investimento richiesto, dall'altra il successo dell'introduzione di questa tecnologia dipende molto da come le persone la inseriscono nel proprio lavoro. Con questo obiettivo, i costruttori hanno lavorato da subito a garantire l'incremento dei livelli di sicurezza per i lavoratori sui rischi più evidenti (da contatto con il robot, schiacciamento, ecc.), ma non sembra siano presi in considerazione con pari attenzione i rischi afferenti alla sfera psicologica e organizzativa, di cui si parlerà nei prossimi paragrafi. La tipica proposizione commerciale narra che i cobot aumentano la salute e la sicurezza dei lavoratori (e sotto diversi punti di vista è vero), che gli operatori si interfacciano senza alcuna specifica necessità formativa con i robot collaborativi, di fatto senza ipotizzare la necessità di modelli cognitivi o formativi differenti rispetto a quanto solitamente presente in azienda. Tra i benefici legati all'introduzione dei cobot spiccano la possibilità di giungere ad una piena automatizzazione delle attività ripetitive o pericolose, esonerando così i lavoratori dalle mansioni più alienanti e rischiose; di ottenere una maggior precisione e velocità nelle lavorazioni; ma anche di rendere altamente versatile e flessibile la produzione. Contribuendo anche a livello sociale, poi, i cobot possono rendere il lavoro accessibile ai soggetti più anziani o in condizioni di disabilità. Benefici a parte, ogni percorso di digitalizzazione introduce nuovi rischi che possono impattare sulla salute e la sicurezza delle persone. Pertanto, sia il mondo della Ricerca sia le aziende del settore analizzano in modo sempre più sistematico e costante tematiche quali la *prevention through design*, l'ergonomia, il design degli ambienti di lavoro collaborativi, nonché la capacità di anticipare gli effetti delle nuove tecnologie per prevenire e gestire i rischi nuovi ed emergenti e per sostenere, attraverso processi di informazione e formazione, i lavoratori rendendoli degli "operatori 4.0" sempre più competenti, consapevoli e fiduciosi del cambiamento. L'inclusività e il coinvolgimento costante del lavoratore, oltre alla conoscenza preventiva di scenari futuri che si possono paventare quando si affronta una trasformazione digitale, vogliono minimizzarne l'impatto negativo di tale trasformazione sulle persone e, più in generale, sull'intera organizzazione.

Ma quali sono dunque pericoli e rischi specifici del lavoro con cobot? In prima battuta, si devono considerare i rischi "tradizionali", storicamente affrontati con le normative dedicate alla sicurezza delle macchine (si veda lo Standard ISO12100:2010: "Safety of machinery - General principles for design - Risk assessment and risk reduction"), vale a dire rischi di natura meccanica, elettrica, termica, chimica e biologica; ma anche rischi originati dal rumore, dalle vibrazioni e dalle radiazioni delle macchine. Molte

di queste categorie di rischi continuano a sussistere con l'utilizzo di cobot. Inoltre, elementi quali la condivisione di attività, strumenti e spazi di lavoro, e le interfacce antropomorfe delle macchine, portano inevitabilmente all'emersione di rischi nuovi ed emergenti, di natura organizzativa e psicologica. Un rischio organizzativo può derivare da procedure, metodi, criteri adottati dall'organizzazione, come ad esempio la non corretta assegnazione di obiettivi all'operatore rispetto alla durata del turno di lavoro. Invece, un rischio psicologico è riconducibile alla percezione soggettiva del lavoratore che interagisce con la macchina, come il timore di poter essere sostituito dalla stessa e l'affaticamento mentale o fisico legato alla prestazione.

Nello specifico, rischi meccanici possono derivare dal movimento di parti mobili quali i bracci dei cobot, dalla presenza di spigoli o parti taglienti, dall'insufficiente reattività delle macchine nelle attività collaborative, dall'ostruzione e/o limitazione dei sistemi di visione, ma anche dall'impossibilità, per gli operatori, di allontanarsi dai cobot. Le caratteristiche citate, vale a dire proprio le fonti di rischio, possono indurre a fenomeni di schiacciamento, taglio, impigliamento, intrappolamento, impatto e abrasione. Ulteriori tematiche emerse, tra i rischi meccanici, fanno riferimento a criticità in termini di riconoscimento e prevedibilità da parte dell'uomo delle traiettorie dei cobot e viceversa, problematica che potrebbe generare collisioni tra i soggetti interagenti e danni dovuti a sbilanciamenti e cadute. Critiche, seppure rare, risultano anche le attività di manutenzione dei cobot in altezza, laddove questi presentino consistenti dimensioni, che potrebbero essere motivo di caduta. Rischi elettrici possono emergere in presenza di interferenze elettromagnetiche tra le apparecchiature e dai conseguenti malfunzionamenti delle stesse, da eventi di interruzione di corrente o di rilascio inaspettato di energia potenziale da fonti immagazzinate, motivo di bruciature e ustioni per gli operatori. Danni che, in aggiunta, potrebbero derivare dal contatto con parti o connessioni sotto tensione. I rischi termici risultano unicamente connessi al surriscaldamento dei dispositivi, anch'esso origine di bruciature ed ustioni. Emergono anche rischi legati ad eventi di esposizione: alle vibrazioni e al rumore dei dispositivi, a radiazioni ionizzanti, sorgenti laser, agenti corrosivi o acidi provenienti dalle batterie, possibili cause di danni superficiali alla pelle, agli occhi e alle vie aeree. Dal punto di vista ergonomico, la presenza di interfacce non *user-friendly* può causare discomfort e stress lavoro-correlato, mentre le posizioni adottate durante le lavorazioni collaborative, possono portare a danni posturali. Anche i rischi organizzativi rappresentano una tematica ampia e non trascurabile. Questi, risultano legati alla presenza di attività svolte a ritmi di lavoro dettati dai cobot, causa di affaticamento, stress muscolo-scheletrico, pressione psicologica e sovraccarico fisico per i lavoratori, origine di un conseguente decremento della vigilanza. Il monitoraggio di più cobot

contemporaneamente porta ad un sovraccarico cognitivo dei lavoratori. Si potrebbe anche generare un sotto carico cognitivo e, quindi, danni dovuti al decremento della concentrazione, se si considera la diminuzione del numero di attività svolte dall'uomo, perché sostituito dalla macchina, e la diminuzione dell'attrattività del lavoro. Oggetto di attenzione sono anche le circostanze in cui i cobot vengono implementati in luoghi diversi da quelli per cui sono stati originariamente progettati. Questa tendenza, infatti, risulta pericolosa perché responsabile di danni legati a comportamenti impreveduti delle macchine, o a collisioni legate all'inadeguatezza degli spazi di lavoro in cui si implementano i dispositivi. Tendenze di *outsourcing* in fase di costruzione, configurazione, installazione e programmazione delle macchine, decrementano notevolmente la conoscenza delle stesse che, operativamente, intensifica la possibilità che si verifichino collisioni e l'incapacità di reagire in situazioni di emergenza. Se non adeguatamente formati, i dipendenti possono temere la sopraffazione da parte dei cobot (addirittura facendo nascere la paura del licenziamento), non conoscere, e quindi prevedere, adeguatamente i comportamenti delle macchine e sviluppare una dipendenza da terzi, come ad esempio gli addetti alla riparazione. Infatti, le più attuali tendenze tecnologiche hanno introdotto macchine in grado di apprendere in modo automatico ed autonomo che, in termini di rischi, può generare comportamenti imprevedibili delle macchine stesse. La presenza di inadeguati sistemi di sicurezza informatica, da una parte le espone a cyber-attacchi, dall'altra aumenta il rischio di collisioni dirette e indirette. Per collisioni indirette pericolose si pensi alla caduta di contenitori di prodotti chimici o radioattivi. L'assenza di recinzioni, all'interno delle quali lasciare operare le macchine, può essere motivo di stress mentale per i lavoratori, paura e insicurezza. Significativi risultano essere anche i rischi di tipo psicologico, dal momento che l'interazione con i dispositivi e la riduzione del contatto tra colleghi umani può causare isolamento sociale. Talvolta, poi, si percepisce una condizione di inferiorità e subordinazione nei confronti delle macchine, più veloci dei lavoratori. Si riscontra anche un eccessivo affidamento nelle capacità dei cobot di riconoscere ed individuare l'uomo, così come di ragionare, il che aumenta il verificarsi di collisioni. Infine, l'intrinseca mutevolezza e l'imprevedibilità delle macchine, può indurre negli operatori stress psicologico, paura e insicurezza.

Implementare un cobot, non è dunque una questione banale. E forse l'eterogeneità dei rischi ai quali i lavoratori vengono esposti, nonché la natura sistemica dei nuovi processi, sempre più complessi e mutevoli, rendono obsolete e inefficaci le metodologie di analisi del rischio tradizionali. In tale ottica, ha senso fare riferimento al concetto di *Safety-II* come possibile nuova filosofia per la gestione della salute e sicurezza sul lavoro con i cobot.

3. Dal concetto di “Safety-I” al concetto di “Safety-II”

Allo scopo di perseguire il proprio obiettivo primario, qualunque organismo, biologico, sociale o tecnologico, deve necessariamente conservarsi, almeno per il tempo necessario all’ottenimento di quello stesso obiettivo primario. Per questo motivo, la definizione più diffusa e frequente di sicurezza (*Safety*) è quella di uno stato libero da danni o perdite (“freedom from harm or loss”). Va da sé che l’obiettivo perseguito da una Scienza della Sicurezza che sostiene questa visione non possa che essere la riduzione degli eventi indesiderati o, in altri termini, che meno cose possibile vadano male. Tale visione è quella che tradizionalmente è stata associata alla Scienza della Sicurezza, e inevitabilmente finisce per categorizzare la realtà in eventi positivi e negativi: se esistono cose che vanno male, devono esistere cose che vanno bene (Dekker, 2019). Lo scivolamento in una prospettiva manichea è per certi versi inevitabile, una volta accettato il presupposto di fondo. La *Safety* allora non può che essere perseguita discriminando la realtà in eventi positivi e negativi e valutandone le implicazioni potenziali. Esiste un comportamento corretto dei mezzi tecnologici, ma anche degli operatori umani. Esiste un’idea a cui la realtà deve conformarsi. Le macchine sono infallibili, almeno fintanto che ne viene garantita l’affidabilità. Gli esseri umani, d’altro canto, sono esseri imperfetti che tendono intrinsecamente a deviare da quest’idealità: sono incompetenti, distratti o semplicemente stanchi. Certo il progettista può e deve migliorare gli ambienti, l’ergonomia e l’interazione uomo-macchina al fine di ridurre il più possibile la non-conformità, ma questi è egli stesso un uomo (Woods *et al.*, 2017). L’errore, il fatto negativo da ridurre, si può annidare ovunque. La soluzione sarà quindi l’individuazione della causa, la sua rimozione, o quando non possibile, la limitazione dei suoi effetti tramite l’inserimento di barriere e/o difese, fisiche, cognitive e organizzative. Una prospettiva del genere è figlia di una concezione neopositivista della scienza, diretta discendente della tradizione analitica di stampo Cartesiano-Newtoniano che ha caratterizzato le *hard sciences* fino ai giorni nostri. Del resto, una tale posizione epistemologica ha innegabilmente funzionato a lungo, riducendo progressivamente gli eventi di danno in maniera significativa dalla nascita della *Safety Science*. Tuttavia, dalla seconda metà degli anni ’80 del XX secolo essa ha iniziato a mostrare i suoi limiti, entrando in un nuovo periodo critico del suo sviluppo. Da una parte, i suoi risultati sono entrati nella fase, per certi versi fisiologica, di *plateau*, per cui a parità di risorse impegnate i miglioramenti sono stati sempre meno significativi; dall’altra, essa ha fallito nel prevenire e contenere diversi eventi catastrofici (e.g., l’incidente di Three Mile Island, il disastro dello Space Shuttle Challenger,

quello di Černobyl', la Deepwater Horizon e l'impianto di Fukushima, tra gli altri); senza considerare che in aggiunta essa comporta una certa tendenza connaturata alla ricerca del capro espiatorio (se qualcosa è andato male, allora ci dovrà necessariamente essere un colpevole, qualcuno che ha fallito o non ha vigilato) e, soprattutto, all'*hindsight bias*, fenomeno di distorsione cognitiva dei fatti che, facendoli percepire ex-post più predicibili di quanto non fossero in realtà, rischia di invalidare qualunque analisi d'incidente (Dekker, 2012; Pollock, 2015).

Una corrente di studi relativamente recente, in seno alla *Safety Science*, la cosiddetta *Resilience Engineering* riconosce ai moderni sistemi sociotecnici lo *status* di sistemi complessi, non completamente trattabili né conoscibili, per i quali inevitabilmente falliscono gli approcci tradizionalmente adottati (Hollnagel, Woods, Leveson, 2012; Patriarca *et al.*, 2018). A partire dalla forse banale considerazione che nella loro gestione quotidiana tali sistemi vengono mantenuti entro limiti accettabili di sicurezza proprio grazie alla gestione subottimale ed estremamente variabile degli operatori umani, Erik Hollnagel – uno dei padri della *Resilience Engineering* – ha iniziato a riferirsi a tali nuove pratiche con il nome di *Safety-II*, in contrapposizione alla *Safety-I* – la visione tradizionale della *Safety* di cui si è discusso poco sopra (Hollnagel, Wears, Braithwaite, 2015).

La *Safety-II* riconosce la sicurezza come una proprietà emergente dei sistemi, nella variabilità delle performance la chiave per il loro successo, e gli esseri umani non più un elemento di debolezza, ma una risorsa necessaria per l'adattabilità, la resilienza e in definitiva la sicurezza di cose e persone. Come conseguenza la *Safety-II* abbandona il proposito di minimizzare il numero di cose che vanno male in favore della massimizzazione di quelle che vanno bene (Hollnagel, 2017).

Le differenze tra i due paradigmi (cfr. Tab. 1) in apparenza sono consistenti, e non hanno mancato di dare adito a ferventi dibattiti in seno alla *Safety Science* (Cooper, 2022; Haavik, 2021), ma bisogna sottolineare il fatto che lo stesso Hollnagel non ha mai sostenuto che la *Safety-II* fosse un approccio sostitutivo della *Safety-I*, semmai complementare. Egli suggerisce che per sistemi semplici, perlopiù caratterizzati da relazioni perfettamente intellegibili e lineari, l'approccio tradizionale sia più che sufficiente. Eppure, in sistemi complessi di media-grande scala, perseguire la sola *Safety-I*, porterebbe al fallimento. Per questo motivo, Hollnagel ed altri autori raccomandano l'impiego congiunto della *Safety-I* e della *Safety-II*.

Sono queste pratiche, ed in particolare l'aggiunta di quanto visto per la *Safety-II*, a poter costituire la base per un nuovo modello di gestione della sicurezza nei contesti digitali che richiedono organizzazione, processi, competenze e capacità particolarmente dinamiche, come quello delle appli-

Tab. 1 - Differenze tra Safety-I e Safety-II, adattato da Hollnagel (2014)

	Safety-I	Safety-II
Definizione	Ridurre al minimo le cose che vanno male	Aumentare al massimo le cose che vanno bene
Principio di gestione della sicurezza	Reattivo: rispondere quando qualcosa va storto o viene categorizzato come rischio inaccettabile	Proattivo: cercare continuamente di anticipare eventuali sviluppi ed eventi
Ruolo del fattore umano	Gli esseri umani sono visti perlopiù come debolezza o pericolo	Gli esseri umani sono visti come una risorsa necessaria per la resilienza di sistema
Investigazione degli incidenti	Gli incidenti sono causati da malfunzionamenti e <i>failure</i> . Scopo dell'investigazione è l'identificazione delle cause	Non esiste una differenza tra eventi positivi e negativi, le cose accadono semplicemente per i medesimi motivi a prescindere dal risultato finale. Lo scopo dell'investigazione è la comprensione di come le cose normalmente vadano bene come base per spiegare come occasionalmente le cose possano andare male

cazioni cobot. Si possono così far strada i concetti di resilienza ingegneristica, cui spesso si sente far riferimento, ma tramite strumenti e metodi in grado di renderla applicata nella prassi quotidiana dell'impresa.

4. La Resilience Analysis Grid come strumento innovativo per la salute e sicurezza

Per resilienza s'intende l'abilità intrinseca di un sistema di aggiustare il proprio funzionamento in presenza di disturbi o di cambiamenti imprevisti, interni o esterni a esso (Hollnagel *et al.*, 2012). Il *Resilience Analysis Grid* (RAG) è uno strumento ideato da Erik Hollnagel che si propone di valutare lo stato potenziale di resilienza di un sistema sociotecnico (Hollnagel, 2011, 2017). Il RAG è basato su una definizione operativa di resilienza che la considera come composizione di quattro abilità di base dette *corner-*

stone abilities: Rispondere (*Respond*), Monitorare (*Monitor*), Anticipare (*Anticipate*) e Imparare (*Learn*). Più in dettaglio:

- *Respond*, corrisponde a sapere cosa fare e ad avere la capacità di affrontare la situazione contingente; essere in grado di rispondere ai cambiamenti regolari e irregolari, ai disturbi e alle opportunità, sia mediante l’attuazione di una serie di risposte pronte all’uso, sia regolando il normale funzionamento del sistema.
- *Monitor*, si riferisce al sapere che cosa controllare, ovvero alla capacità per l’organizzazione di identificare le situazioni critiche e (secondo i principi della *Safety-II*) quelle di opportunità; il monitoraggio deve essere rivolto tanto verso l’esterno (l’ambiente) quanto verso il sistema stesso (le prestazioni).
- *Anticipate*, riguarda il sapere prevedere cosa avverrà, ovvero la capacità di affrontare il futuro; ad esempio, si fa riferimento all’anticipare potenziali interruzioni, nuove esigenze o vincoli, nuove opportunità o minacce, o ancora mutevoli condizioni di esercizio.
- *Learn*, corrisponde alla conoscenza di quanto è successo, ovvero alla capacità di imparare dall’esperienza; in particolare, si può far riferimento alle *lessons learned* sia derivanti da successi che da fallimenti.

Pensare la resilienza come un costrutto composto dalle *cornerstone* ne consente l’operationalizzazione, vale a dire l’adozione di un criterio operativamente fattibile per misurare un concetto altrimenti irraggiungibile, perché definito prettamente dal punto di vista teorico. L’operationalizzazione avviene relazionando o scomponendo le *cornerstone abilities* in item di valutazione. Di fatto, il RAG è uno strumento valutativo associato a un questionario, per questo motivo il termine “item” sottolinea l’appartenenza ai metodi di valutazione per scale, cui il RAG fa riferimento. Ogni item può essere valutato tramite una o più domande a esso pertinenti. Generalmente, ma non necessariamente, si dà alle risposte una struttura di misura ordinale tramite l’adozione di un’ordinaria scala Likert (e.g., Eccellente = 9; Ottimo = 7; Sufficiente = 5; Insufficiente = 3; Scarso = 1; Mancante = 0). Tipicamente, il RAG è uno strumento il cui obiettivo d’indagine è quello di valutare la resilienza di team, reparti, gruppi di persone. Le domande dovrebbero essere specifiche del contesto applicativo poiché altrimenti il questionario perderebbe in capacità diagnostica. I punteggi ottenuti rispetto alla misura di capacità delle quattro *cornerstone* costituiscono il profilo di resilienza di un sistema. Alla griglia valutativa del RAG, costituita dalle domande, si accompagna un metodo composto dalle seguenti fasi:

1. Definire e descrivere il sistema di cui si vuole valutare la resilienza; sarà opportuno includere i confini del sistema, la struttura organizzativa, le persone e le risorse coinvolte, oltre che tutte le informazioni utili

a definire l'ambito del sistema. È necessario conoscere il sistema e lo specifico dominio di applicazione. Questa fase è fondamentale per decidere quali domande proporre e come valutare le risposte.

2. Individuare e formulare un insieme di domande per ciascuna delle quattro abilità; in questa fase si formulano le domande, per ciascuna abilità, da sottoporre alle persone che lavorano nel sistema. Il metodo prevede di partire da un set iniziale e selezionare e/o rifinire e/o aggiungere le domande in modo che siano adeguate in numero e tipo.
3. Ottenere le risposte alle domande formulate al passo precedente; il questionario viene somministrato agli intervistati. Questa somministrazione non è prescritta, può avvenire: tramite intervista non strutturata; tramite intervista semi-strutturata; telematicamente, e così via.
4. Unire le valutazioni per giungere a un punteggio per ogni capacità e per le quattro abilità combinate. I dati, eventualmente stratificati secondo le dimensioni di interesse, raccolti per item, possono essere aggregati in un diagramma *Radar*, uno per *cornerstone*, sui cui assi si segnano i valori Likert. I valori possono ulteriormente essere aggregati in un unico diagramma *Radar* rappresentante il profilo di resilienza.

Il profilo di resilienza ottenuto da una sessione RAG rappresenta in maniera sintetica la capacità potenziale del sistema indagato di essere resiliente. Il RAG è uno strumento di rapida, ma soprattutto facile, valutazione dello stato di resilienza potenziale. Non avendo nessun riferimento, il RAG tradizionale assume carattere di misura relativa quando alla stessa struttura si ripropone lo stesso questionario in momenti distinti. Dal confronto dei due profili di resilienza si potrà dedurre il miglioramento o il peggioramento della performance. Da un'unica sottomissione del questionario si potranno individuare i punti di forza e di debolezza dell'organizzazione, a partire dai quali possono essere motivate una serie di azioni d'intervento. Il RAG è uno strumento che presenta il vantaggio di una semplicità realizzativa superiore a quelle di molti altri metodi della *Resilience Engineering* e probabilmente una maggiore efficacia comunicativa; dunque, si tratta di uno strumento di primo impiego atto ad aumentare la consapevolezza e il coinvolgimento dei diversi stakeholder. Per sua natura, quindi, il RAG si presta a modifiche volte a inglobare declinazioni differenti da quella di ideazione. Ciò può essere sfruttato per ampliare l'impostazione tipica dei sistemi di gestione per la sicurezza tenendo conto delle dimensioni tipiche della resilienza applicata alla salute e sicurezza sul lavoro, anche in considerazione della coabitazione tra il personale umano e quello robotico.

5. Il questionario per l'applicazione della Resilience Engineering sui cobot

Si comprende come analisi e valutazioni tradizionali dei rischi non siano più sufficienti a garantire un'implementazione sicura dei cobot. Un approccio innovativo, basato sul *Resilience Engineering*, in particolare sulla metodologia RAG di cui sopra, ha permesso di realizzare uno strumento mediante il quale le organizzazioni possono valutare il profilo di resilienza a fronte dell'implementazione dei cobot, considerando la salute e la sicurezza dei lavoratori. Come detto, gli obiettivi che la metodologia RAG si prefigge sono rappresentati dalle quattro necessità, sopra indicate come *cornerstone*, che nelle applicazioni cobot corrispondono al rispondere efficacemente ai cambiamenti sui processi interessati al lavoro collaborativo, al monitorarne gli eventi e le prestazioni utili a comprendere quanto in atto nell'interazione persona-cobot, anticipare l'accadere degli eventi con potenziale impatto sulla salute e sicurezza dei lavoratori, e infine apprendere da quanto accaduto e sperimentato con i cobot. Tali capacità sono state inserite in un questionario, poi sottomesso a diverse aziende, che ne hanno validato la significatività rispetto alla possibilità di rispondere con sicurezza alle domande e di ottenere indicazioni sui rischi nuovi o emergenti legati all'utilizzo dei cobot, nonché sulle aree di resilienza da migliorare. I contenuti del questionario rispecchiano fedelmente i risultati collezionati mediante un'analisi sistematica della letteratura, in sede di individuazione di rischi nuovi ed emergenti per la salute e sicurezza dei lavoratori. Partendo dalla capacità delle organizzazioni di *Rispondere* agli eventi, il questionario indaga la presenza e l'aggiornamento di una lista di eventi interni ed esterni all'azienda, potenzialmente critici per la salute e sicurezza del lavoratore, legati alla presenza di cobot. Se tale lista esiste, si indaga la capacità di risposte a tali eventi. Queste attività permettono di formalizzare cosa possa succedere di pericoloso e, in seguito, capire come rispondere. La modalità e la capacità di risposta, vengono valutate analizzando la presenza di *trigger* specifici per l'attivazione della risposta stessa, e la presenza di un monitoraggio del tempo che intercorre tra il verificarsi di un evento e il momento di attivazione della risposta. Si entra, così, nella sezione di *Monitoraggio*. Ivi, la struttura del questionario rispecchia le categorie di rischio presentate in precedenza. Per ogni categoria di rischio, vengono indagati principalmente tre aspetti: dapprima, se il rischio venga monitorato. Si sottolinea che con monitoraggio si intende un controllo costante, sia per verificare la bontà della valutazione del rischio, tendenzialmente realizzata in momenti sporadici, sia per intercettare in tempo reale nuovi fonti di rischio e procedure di mitigazione, eventualmente aggiornando le analisi. Qualora il rischio venga effettivamente monitorato, il questio-

nario indaga se l'organizzazione definisca degli indicatori analitici specifici e, tra questi, si distinguono indicatori di tipo *Lagging* e *Leading*. Gli indicatori *Lagging* e *Leading* sono rispettivamente rivolti alla capacità reattiva e proattiva del sistema. I primi, permettono il monitoraggio dei processi al fine di individuare misure di prestazione di quanto avvenuto. Dunque, tipicamente "in ritardo" (*Lag*) rispetto allo svolgersi degli eventi passati. I secondi, invece, permettono di riconoscere il verificarsi di *pattern* comportamentali del sistema e dell'ambiente al fine di prevedere eventi d'interesse, offrendo segnali predittivi di elementi che portano (*Lead*) a situazioni pericolose. Considerando il grande potenziale in termini di resilienza degli indicatori *Leading* il loro peso è maggiore all'interno del questionario rispetto agli indicatori *Lagging*. Ad esempio, se consideriamo il rischio legato al rumore, un indicatore *Lagging* è il numero di segnalazioni da parte del medico competente di danni all'udito, perché necessariamente successivo all'evento dannoso; un indicatore *Leading* è la misura dell'esposizione sonora degli operatori, perché permette interventi di mitigazione prima che il danno si manifesti. Tale logica viene applicata per tutte le categorie di rischio individuate. Quindi, rischi meccanici, elettrici, termici, chimici, rischi legati al rumore, alla vibrazione, alle radiazioni; infine, rischi di natura ergonomica, psicologica e organizzativa. Nella sezione del questionario rivolta alla capacità delle organizzazioni di *Apprendere*, viene introdotta una distinzione tra le situazioni di non pericolo, pericolo e danno legate ai cobot. Le prime, rappresentano momenti che non si concretizzano in un evento pericoloso ma che in qualche misura rappresentano momenti utili a fini esperienziali. Anche comprendere perché si verifichi un evento inusuale, inatteso, o con risvolto positivo inaspettato, infatti, può rappresentare un'opportunità secondo i principi della *Safety-II*, secondo i quali l'apprendimento può derivare dall'analisi di eventi positivi e negativi (*lessons learned*). In particolare, il questionario indaga come queste tre tipologie di evento vengano analizzate e quali tipologie di evidenze vengano formalizzate. Le analisi, infatti, possono essere *ad hoc*, vale a dire al verificarsi dell'evento, o avere una cadenza regolare, laddove l'organizzazione preveda momenti prefissati per passare in rassegna l'eventuale avvenimento di tali eventi. D'altra parte, le evidenze possono prevedere la formalizzazione di una conoscenza da trasferire in azienda e/o di azioni e comportamenti da modificare che, una volta trasferiti, andrebbero verificati per consolidarne l'efficacia. Ad un livello di astrazione maggiore, la formalizzazione delle evidenze può essere rivolta all'indagine di meccanismi generali, principi astratti, *pattern* ricorrenti su cui l'azienda potrebbe intervenire in maniera proattiva. Oltre a ciò, si indaga la modalità di diffusione interna delle *lessons learned* e le eventuali strategie di diffusione implementate, che possono prevedere momenti di incontri frontali o assumere caratteristiche più esperienziali, anche includendo mo-

menti di riflessione addizionale posteriori alla formazione (*follow-up*). Infine, l'oggetto della formazione può essere improntato sull'apprendimento di questioni puramente tecnologiche o includere tematiche legate anche ai nuovi processi e metodi di lavoro. Tutte questioni affrontate da tale sezione che, in ultima istanza, vuole comprendere se esista un obiettivo specifico della formazione: informare sull'utilizzo della tecnologia? Rendere i dipendenti capaci di utilizzarla? Massimizzare le abilità degli operatori rispetto a mansioni specifiche o a fronte di eventi inattesi? Si giunge, così, nell'ultima sezione del questionario: le organizzazioni sono anche in grado di *Anticipare*? Quando si analizzano soluzioni tecnologicamente evolute, quali i cobot, la capacità di anticipare richiede sia lo studio dell'evoluzione delle tecnologie stesse, sia dei processi e metodi di lavoro annessi, studio che può essere declinato su un orizzonte di breve o lungo periodo. Possono venire in ausilio, con dovuti adattamenti legati al diverso orizzonte di indagine, strumenti predittivi, simulativi ma anche logiche di *trade-off*, quali analisi costi-benefici o *SWOT analysis*. L'analisi delle norme tecniche e dell'evoluzione del mercato, invece, meglio si presta ad indagini di lungo periodo. Infine, si può anticipare un evento significativo per la salute e sicurezza delle persone anche stanziando dei *surplus* di risorse. Si possono, cioè, mettere a disposizione persone, dispositivi, materiali e tempo in misura maggiore rispetto a quanto strettamente richiesto o necessario. Quando ci si confronta con un cobot, gruppi di continuità per evitare arresti delle attrezzature inattesi e potenzialmente pericolosi, sono tra le soluzioni che potrebbero svolgere proprio questa funzione. Gli aspetti presentati, indagati in modo puntuale ma anche analizzati nel complesso, aiutano a comprendere quanto resilienti siano le organizzazioni che utilizzano applicazioni cobot. Inoltre, contribuiscono a fornire alle aziende strumenti e modalità di gestione della salute e sicurezza sul lavoro che includono anche i rischi nuovi ed emergenti che caratterizzano i processi di trasformazione digitale.

6. Alcune evidenze sull'attuale gestione della salute e sicurezza nel lavoro con cobot

Un'indagine promossa da INAIL² ha sperimentato l'utilizzo delle logiche appena riportate a livello nazionale e internazionale, presentando interessanti evidenze.

2. Progetto Bric Inail 2019 - ID 50 condotto dal Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale dell'Inail, dal Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Aerospaziale, Università degli Studi di Roma "La Sapienza", dal Dipartimento di Giurisprudenza, economia, politica e lingue moderne, Università LUMSA e dal Dipartimento di Filosofia e scienze dell'Educazione, Università degli Studi di Torino.

L'assenza di una specifica regolamentazione tecnica rappresenta un tema fortemente critico per le aziende, che a gran voce richiedono una standardizzazione specifica, soprattutto per la gestione degli aspetti legati alla sicurezza dei cobot. Appare troppo esemplificativa, infatti, la visione che considera il cobot come una semplice evoluzione del robot, dal momento che porta a sottostimare caratteristiche distintive di queste soluzioni, quali la mobilità e l'interazione diretta con l'essere umano. Nello studio dei rischi legati all'implementazione dei cobot, le analisi si focalizzano sulle caratteristiche della macchina stessa, non considerando in modo esaustivo che un cobot può utilizzare strumenti, trasportare materiale e, in generale, intraprendere azioni che richiedono un certo grado di controllo della situazione, nonché la capacità di comunicare emergenze e domare situazioni pericolose. Se si considera, infatti, che un cobot può sostituire una persona, possiamo immaginare che, per espletare le proprie attività produttive, utilizzi strumenti di lavoro e movimenti materiale pericoloso. Se lo strumento si rompe o scivola dalle prese della macchina (rischio meccanico), così come se si verificano perdite di sostanze nocive (rischio chimico), l'uomo ha la capacità di domare la situazione, notificarla e rispondere all'emergenza, generalmente con un buon grado di reattività e consapevolezza del rischio. Il cobot, tipicamente, non possiede tali capacità. Se, quindi, non si monitorano rischi che rispecchiano la natura reale del cobot, le organizzazioni possono perdere la capacità di intervenire nelle situazioni di emergenza per i lavoratori. E questo rischio appare tangibile se si considera che solo un terzo delle organizzazioni intervistate monitora il rischio chimico legato ai cobot. Interessanti considerazioni scaturiscono anche dal fatto che, per la maggior parte delle organizzazioni, esiste un soggetto di riferimento in capo a cui attribuire la progettazione e la gestione delle tematiche legate alla sicurezza dei cobot: il fornitore. Se è vero che il costruttore è tenuto a vendere il cobot come un pacchetto prodotto-servizio, dove il servizio prevede anche valutazioni puntuali dei rischi legati alla macchina, è vero anche che è impossibile che tale valutazione tenga conto dei tanti e diversi elementi contestuali che caratterizzano la gestione dei rischi. Il livello di competenza delle persone, le interazioni con attrezzi e materiali, i sistemi di monitoraggio attivi su un processo, la vicinanza o la lontananza con altri processi e via dicendo, cambiano quando cambia l'azienda dove il cobot è implementato. La problematica si avvicina di molto al noto problema di responsabilità legale che emerge nel campo dei veicoli a guida autonoma, in ambito di trasporto civile. Se si verifica un incidente, la responsabilità è di chi progetta gli algoritmi di guida autonoma, del costruttore dell'autoveicolo che utilizza l'algoritmo, o della persona a bordo dell'autoveicolo che ha sempre la possibilità di intervenire? Analogamente, le organizza-

zioni tendono a demandare la responsabilità della valutazione dei rischi al costruttore, o quantomeno a considerare esaustiva la valutazione fornita da esso. In termini di formazione, poi, vanno considerati tutti gli aspetti riconducibili alle tematiche di *Safety-II* precedentemente presentate. Rispondere unicamente ai requisiti di legge non è sufficiente per superare le criticità identificate. Fondamentale è anche riuscire a coniugare in modo vantaggioso l'*usability* e la *learnability*: la capacità di fare propria la tecnologia, di avere familiarità e di saperla utilizzare in maniera vantaggiosa, deve corrispondere ad un'altrettanta facilità e rapidità di apprendimento della nuova tecnologia.

Come è tipico dell'innovazione, sono tanti i rischi e gli aspetti da migliorare, ma non si possono negare i promettenti benefici. In questo senso, implementare un cobot non significa solamente rendere il processo più efficiente e tecnologicamente avanzato per le fasi produttive strettamente coinvolte nell'utilizzo del cobot stesso. Ma permette, ad esempio, di effettuare analisi termografiche per identificare tempestivamente necessità di manutenzione; talvolta, poi, il cobot stesso viene implementato come una misura extra di sicurezza, per le attività che prevedono interazioni pericolose. Per i motivi evidenziati, il cobot sta sempre più assumendo la dimensione di prima tecnologia abilitante verso l'evoluzione 4.0 in ambito manifatturiero. Le potenzialità di altre tecnologie, dedicate al monitoraggio e all'analisi dei dati, sono ad oggi incorporate in queste soluzioni, e i benefici complessivi, in termini di sicurezza, efficienza e resilienza organizzativa, suggeriscono che il cobot sia forse la scelta più completa.

Bibliografia

- Cohen Y., Shraga S., Faccio M., Minto R. (2022), "Deploying cobots in Collaborative Systems: Major Considerations and Productivity Analysis", *International Journal of Production Research*, 60(6), pp. 1815-31.
- Cooper M.D. (2022), "The Emperor Has No Clothes: A Critique of Safety-II", *Safety Science*, 152, p. 105047.
- Dekker S. (2012), *Just Culture: Balancing Safety and Accountability*, Ashgate Publishing, 2nd Edition.
- Dekker S. (2019), *Foundations of Safety Science*, CRC Press, Taylor & Francis Group.
- El Zaatari S., Marei M., Li W., Usman Z. (2019), "Cobot Programming for Collaborative Industrial Tasks: An Overview", *Robotics and Autonomous Systems*, 116, pp. 162-80.
- Galin R., Meshcheryakov R. (2019), "Review on human-robot interaction during collaboration in a shared workspace", *Lecture Notes in Computer Science*, 11659, pp. 63-74.

- Gualtieri L., Palomba I., Wehrle E.J., Vidoni R. (2020), "The Opportunities and Challenges of Sme Manufacturing Automation: Safety and Ergonomics in Human-Robot Collaboration", in Matt D.T. *et al.*, Eds., *Industry 4.0 for SMEs*, Palgrave Macmillan.
- Gualtieri L., Rauch E., Vidoni R. (2021), "Emerging Research Fields in Safety and Ergonomics in Industrial Collaborative Robotics: A Systematic Literature Review", *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 6, 101998.
- Haavik T.K. (2021), "Debates and Politics in Safety Science", *Reliability Engineering & System Safety*, 210, 107547.
- Hentout A., Aouache M., Maoudj A., Akli I. (2019), "Human-Robot Interaction in Industrial Collaborative Robotics: A Literature Review of the Decade 2008-2017", *Advanced Robotics*, 33(15-16), pp. 764-99.
- Hollnagel E. (2011), "RAG - Resilience Analysis Grid", in Hollnagel E., Paries J., Woods D.D., Wreathall J., Eds., *Resilience Engineering in Practice: A Guidebook*, Ashgate Publishing Co., Surrey, UK.
- Hollnagel E. (2014), *Safety-I and Safety-II (The Past and Future of Safety Management)*, Ashgate Publishing Co., Surrey, Farnham, UK.
- Hollnagel E. (2017), *Safety-II in Practice: Developing the Resilience Potentials*, Routledge.
- Hollnagel E., Woods D.D., Leveson N. (2012), *Resilience Engineering: Concepts and Precepts*, Ashgate Publishing Co., Aldershot, UK.
- Hollnagel E., Wears R.L., Braithwaite J. (2015), *From Safety-I to Safety-II: A White Paper*, testo disponibile al sito www.england.nhs.uk/signuptosafety/wp-content/uploads/sites/16/2015/10/safety-1-safety-2-white-papr.pdf.
- Patriarca R., Bergström J., Di Gravio G., Costantino F. (2018), "Resilience Engineering: Current Status of the Research and Future Challenges", *Safety Science*, 102, pp. 79-100.
- Pollock R.A. (2015), "Human Error: There Is No Root Cause", in *ASSE Professional Development Conference and Exposition 2015*.
- Rosen A., Strathdee G., Slade M., Powell R. (2000), "Threshold Assessment Grid (TAG): The Development of a Valid and Brief Scale to Assess the Severity of Mental Illness", *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*, 35(2), pp. 78-85.
- Woods D.D., Dekker S., Cook R., Johannesen L., Sarter N. (2017), *Behind Human Error*, Ashgate Publishing Co., Aldershot, UK.

5. Human and Technology: un percorso di trasformazione attraverso la formazione sulla collaborazione uomo-macchina

*di Ezio Fregnan, Luca Bergamaschi, Stefano Pesce,
Irene Vetrò, Fabio Abbà e Stefano Trapani*

1. Formazione e certificazione professionale sulla robotica collaborativa

In un momento storico come quello attuale, nel quale imprese e organizzazioni vivono una straordinaria transizione verso la digitalizzazione e l'Industria 4.0, Comau, leader mondiale nello sviluppo di sistemi e prodotti avanzati per l'automazione industriale, ha voluto raccontare, in questo capitolo, il suo percorso integrato nel settore industriale e nel campo della formazione.

Partendo da un'analisi generale, in cui si spiegano le sfide che incontrano le imprese e le organizzazioni per far fronte ai rapidi trend evolutivi che stanno caratterizzando la tecnologia e l'automazione, vengono presentate le soluzioni sviluppate da Comau per rendere la produzione industriale più snella e flessibile, mantenendo sempre la persona al centro del sistema manifatturiero, abbattendo le barriere per realizzare una efficiente collaborazione uomo-macchina, garantendo sempre la massima sicurezza. In parallelo, viene illustrato il ruolo ricoperto dalla Comau Academy nel costruire le competenze necessarie ai giovani che si affacciano per la prima volta nel mondo del lavoro e ai professionisti in genere, per sfruttare appieno le potenzialità offerte dalle nuove tecnologie.

Da questa volontà nasce l'innovativa offerta formativa di Comau Academy che trattiamo in questo capitolo. In particolare faremo riferimento al percorso "Esperto 4.0 di robotica e Cobot", un'esperienza formativa incentrata sul nuovo paradigma di collaborazione ed evoluzione simbiotica tra persone e tecnologie.

2. Il ruolo della Comau Academy

Non è raro, nella storia dell'impresa, che un'azienda sviluppi servizi e strumenti interni per poi accorgersi che questi ultimi sono così utili, efficaci ed efficienti da poter essere aperti con reciproco successo al mercato. Questo percorso richiama il concetto di serendipità. Ed è quello che è successo alla Comau Academy, nata come centro di formazione interna e poi apertasi all'esterno, per mettere le proprie competenze al servizio di un più ampio tessuto aziendale, professionale, universitario e scolastico. Dal 2018 ad oggi Comau Academy ha così coinvolto nei propri programmi di formazione più di 20.000 persone.

Fra i pilastri operativi di Comau figura la “workplace innovation”, oggetto di questa pubblicazione, ovvero l'insieme di azioni innovative che vengono applicate da un'azienda all'organizzazione del lavoro, alla gestione delle risorse umane e alle tecnologie stesse, per ottimizzare i processi produttivi e valorizzare i propri dipendenti.

Comau è però consapevole che una vera innovazione non può prescindere da una piena collaborazione fra l'uomo e le macchine: pertanto sa che è necessario andare al di là del manufacturing tradizionale e comprendere profondamente il comportamento umano al fine di creare una nuova relazione simbiotica tra l'uomo e la tecnologia.

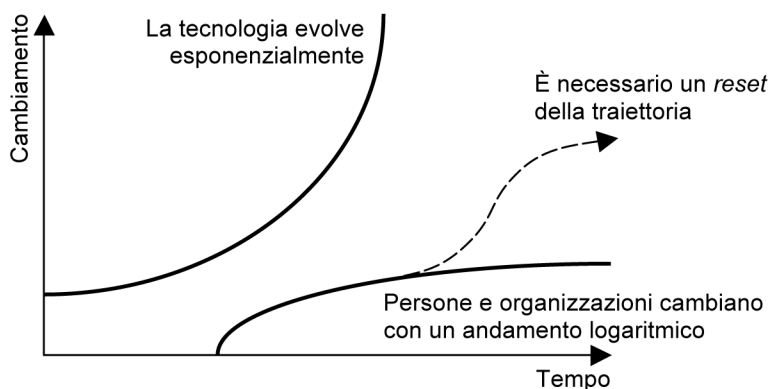


Fig. 1 - Raffigurazione della “legge di Martec” di Scott Brinker

Tuttavia, come evidenziato dalla “legge di Martec” di Scott Brinker rappresentata nel disegno in Fig. 1, mentre le tecnologie evolvono rapidamente, le persone e le organizzazioni tendono a cambiare più lentamente,

creando un gap conoscitivo e di competenza. Ecco dunque che l'approccio innovativo all'apprendimento proposto dalla Comau Academy diventa fondamentale per cogliere le opportunità offerte da questa "fenditura nella roccia": la **formazione** diviene così un asset chiave per la **trasformazione** digitale e culturale dei contesti produttivi.

3. L'evoluzione della robotica collaborativa all'interno della robotica industriale

I robot industriali sono macchinari comparsi nella terza rivoluzione industriale, quando gli sviluppi in ambito elettronico, meccanico ed informatico hanno permesso la realizzazione di un primo braccio automatizzato programmabile. Prima dell'avvento dei robot, l'automazione dei processi produttivi consisteva nell'uso di pesanti macchinari che le persone avevano il compito di caricare e scaricare per consentire l'esecuzione delle lavorazioni; in alcuni casi, erano le persone stesse a far parte della catena di montaggio, effettuando compiti ripetitivi, usuranti e pericolosi. I robot hanno quindi permesso di svincolare le persone da mansioni monotone e pesanti. Tuttavia, date le loro caratteristiche, di massa, ingombro, velocità di movimento e la conseguente pericolosità per le persone presenti sulle linee di montaggio, sono da sempre stati confinati in spazi delimitati, da vere e proprie "gabbie". Per indicare la loro pericolosità quando erano in movimento, i robot industriali erano inoltre colorati in modo appariscente, di rosso, giallo, verde o blu acceso.

L'automazione basata sull'utilizzo di robot, per quanto efficiente, non è però adatta a tutti i compiti produttivi e soprattutto a quelli che prevedono il montaggio, l'avvitatura e la manipolazione di componenti variabili e flessibili. Per questo motivo, si è iniziato a pensare a come poter sviluppare manipolatori adatti a collaborare con l'uomo. Gli studi sulla loro realizzazione sono cominciati in ambito universitario all'inizio degli anni '90 del '900 e, presso il DLR¹ in Germania, sono stati realizzati i primi prototipi di robot leggeri. La prima definizione di Cobot può essere invece fatta risalire al 1996. In quell'anno J. Edward Colgate e Michael Peshkin descrivono un Cobot come: «un device ed un metodo per la diretta interazione fisica tra una persona ed un manipolatore controllato da un calcolatore». La maggior parte dei Cobot industriali di prima generazione erano di taglia piccola, con payload² fino a 5 kg, mentre la successiva generazione ha por-

1. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Agenzia Aerospaziale tedesca.

2. Il payload rappresenta la capacità di carico di un robot industriale ed indica il peso massimo che il robot stesso può sollevare e manipolare al polso; il payload comprende

tato a modelli con payload fino a 30 kg o addirittura superiori (come nel caso della soluzione Comau Aura descritta nel paragrafo «i robot collaborativi di Comau»).

I maggiori punti di forza dei Cobot sono:

- una programmazione semplice e veloce, effettuabile anche da personale non qualificato;
- la collaboratività nativa;
- la facilità di trasporto e di installazione;
- l’adattabilità ad un’ampia gamma di possibili applicazioni.

I Cobot risultano particolarmente adatti a tutte le applicazioni in cui non si ricerca un livello prestazionale assoluto, sia in termini di velocità che di accuratezza del processo, come viene ad esempio richiesto nelle produzioni di massa dove i robot industriali tradizionali rappresentano ancora la scelta migliore. I Cobot tendono infatti ad essere più lenti, spesso meno rigidi e di conseguenza meno precisi rispetto ai robot industriali. Tuttavia, si può spesso ovviare a quest’ultimo problema modificando il processo e integrando la macchina con sensori esterni.

I robot collaborativi sono stati pensati per assistere le persone nello svolgimento di compiti in modi differenti. Di conseguenza, nell’interazione uomo-macchina, esistono differenti gradi e tipologie di collaborazione per le quali viene garantita la sicurezza dell’operatore, come rappresentate nella Fig. 2. In base al tipo e al livello di collaborazione richiesto dall’applicazione, è infatti possibile scegliere la tipologia di robot necessaria. Un robot industriale tradizionale, equipaggiato con uno specifico hardware di sicurezza, può quindi essere sufficiente per un basso livello di collaboratività, mentre si possono utilizzare robot nativamente collaborativi (Cobot) per svolgere compiti che richiedano gradi di collaborazione superiori.

Le normative di riferimento per la robotica collaborativa sono la norma ISO 10218 e la norma ISO/TS 15066. La prima descrive principalmente gli aspetti generali legati alla sicurezza all’interno del contesto della robotica industriale, ma include anche alcuni capitoli dedicati alla robotica collaborativa. Definisce, inoltre, i requisiti di sicurezza dei robot industriali, comprese le modalità per l’analisi dei rischi e dei pericoli e come mitigarli.

La seconda norma è invece un vero e proprio documento contenente specifiche tecniche, che riporta i requisiti dei robot industriali collaborativi. Descrive sia gli aspetti legati al design del sistema robotico, sia quelli relativi alle applicazioni robotiche e alla verifica e alla validazione dei requisiti stessi.

pertanto non solo il peso di eventuali oggetti trasportati e movimentati dal robot, ma anche il peso degli utensili montati sul polso del robot (dispositivi di presa, ovvero gripper o altro).

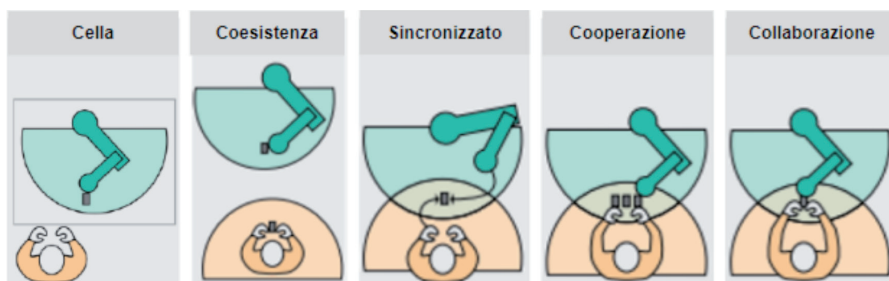


Fig. 2 - Gradi di collaborazione³

4. I robot collaborativi di Comau

Comau è da cinquant'anni un'azienda di riferimento mondiale nel settore dell'automazione industriale e il suo modo di operare e di sviluppare sistemi tecnologicamente avanzati è sempre stato caratterizzato da una forte innovazione, tanto nei prodotti che nei processi di lavoro. Per questo motivo, già nel 2017, ai primordi della quarta rivoluzione industriale o Industria 4.0, Comau ha definito e proposto il concetto di "HUMANufacturing", che esprime un'idea di fabbrica basata sulla collaborazione uomo-macchina, condotta in piena sintonia e sicurezza. In questo contesto produttivo si impiegano soluzioni di automazione all'avanguardia e, al contempo, se ne cercano sempre di nuove, ponendo costantemente le persone al centro del processo produttivo. Questo approccio richiama un rapporto nuovo fra uomo e tecnologia, dove realtà virtuale e aumentata, dispositivi indossabili e sistemi per la collaborazione diretta con i robot potenziano le possibilità delle persone. In questo modo è possibile coniugare le migliori caratteristiche umane, come il saper prelevare e manipolare oggetti di piccole dimensioni, flessibili o di forma, geometria e grandezza variabile, saper reagire a eventi inaspettati, essere capaci di lavorare in ambienti destrutturati, con quelle dei robot e dell'automazione, quali la precisione, la ripetibilità delle operazioni, la supervisione dei processi, la possibilità di movimentare carichi molto pesanti.

In accordo con la filosofia dello "HUMANufacturing", Comau ha sviluppato una visione unica sulla robotica collaborativa, che prevede di aumentare le potenzialità dei robot industriali arricchendoli con la possibilità di lavorare a stretto contatto e insieme alle persone. Tale soluzione è stata

3. www.researchgate.net/publication/327744724_Lightweight_robots_in_manual_assembly_-_best_to_start_simply_Examining_companies%27_initial_experiences_with_lightweight_robots.

resa possibile grazie alla continua ricerca di tecnologie avanzate che caratterizza Comau, che ad esempio, ha permesso di ricoprire con “pelli” sensorizzate un robot in grado di spostare fino a 170 kg, così da permettergli di riconoscere la presenza di una persona nella propria area di lavoro, di ridurre la velocità di funzionamento e di fermarsi in prossimità o in caso di contatto con la persona stessa. Questa prima soluzione di automazione e di robotica collaborativa è stata denominata AURA, ovvero Advanced Use Robotic Arm. Parallelamente è stato sviluppato un altro robot collaborativo, chiamato Racer-5 Cobot, questa volta di piccole dimensioni, basato su un robot industriale capace di movimentare fino a 5 kg ad alta velocità. In questo caso, è stata realizzata e certificata una soluzione software in grado di rallentare il movimento del Cobot quando si trova in presenza di una persona; questo permette al robot di continuare a eseguire le proprie operazioni e di fermarsi in caso di urto accidentale, salvaguardando la sicurezza degli operatori che si muovono all’interno dello spazio di lavoro del Cobot.

In assenza di persone nell’area di lavoro i robot collaborativi Comau mantengono le velocità, le prestazioni e l’efficienza tipiche dei robot industriali. Quando invece una persona si avvicina al Cobot, viene abilitata la possibilità collaborativa: la velocità del robot si riduce e di conseguenza è possibile cooperare con le persone, andando così a potenziare le possibilità produttive del sistema robotizzato grazie ad una sinergia efficace tra uomo e tecnologia.

5. Un’esperienza di formazione e certificazione per la robotica collaborativa

5.1. L’idea di un’offerta innovativa e la soluzione di Comau Academy

La tecnologia si trasforma rapidamente, come viene dimostrato dalla continua innovazione della robotica collaborativa all’interno della robotica industriale. La missione della Comau Academy è quella di portare le competenze attuali dell’uomo al livello necessario per sfruttare appieno le potenzialità offerte da questo incalzante cambiamento. Comau Academy realizza questo obiettivo attivando un processo concreto di up-skilling e re-skilling, favorendo l’orientamento professionale attraverso la scoperta delle dinamiche e delle aspettative del mondo del lavoro.

Da una parte, quindi, abbiamo l’esperienza e la visione di un’azienda come Comau, con una storia cinquantennale nel settore dell’automazione industriale, che conta circa 4.000 dipendenti a livello globale, con un

DNA flessibile e innovativo che le permette di anticipare i tempi su temi di grande attualità come l'Industria 4.0 e la trasformazione digitale. Dall'altra, l'analisi dell'evoluzione del mercato del lavoro, dalle competenze oggi richieste dalle aziende e dei profili professionali che saranno più ricercati nel prossimo futuro. Grazie a queste caratteristiche, è nato il "Professional Training Center", l'affascinante viaggio che la Comau Academy ha deciso di intraprendere nell'universo della formazione professionale, con l'obiettivo di creare le cosiddette "professioni 4.0".

Da questo progetto sono nati i 4 percorsi didattici proposti da Comau per la formazione di:

- "Programmatore 4.0 di sistemi automatizzati", che collabora alla progettazione delle macchine automatizzate, sviluppando la logica di controllo dei robot, la gestione dei componenti elettronici dei moderni sistemi di automazione (PLC, Fieldbus, ...) e la regolazione dei processi;
- "Manutentore 4.0 di robot industriali", la cui polivalenza integra competenze meccaniche, elettroniche, di rete, di information technology e di problem solving, permettendogli di gestire e migliorare l'efficienza di macchine e impianti;
- "Esperto 4.0 di robotica e Cobot", capace di comprendere punti di forza e campi applicativi dei sistemi di automazione industriale, poiché abituato a riflettere profondamente sulle potenzialità delle relazioni uomo-macchina e sulla sicurezza relativa a questa interazione;
- "Esperto 4.0 di robotica e saldatura (ad arco) robotizzata" che, imparando a conoscere tecniche, materiali e applicazioni industriali della saldatura robotizzata, è in grado di contribuire allo sviluppo dell'automazione e all'innovazione delle tecnologie e dei processi industriali.

Si tratta di percorsi di formazione da 240 ore ciascuno, sviluppati conformemente alle linee guida Forma.Temp⁴, pensati per inoccupati, disoccupati, NEET⁵ e giovani diplomati in ambito tecnico o in uscita da un percorso ITS.

Tutti i percorsi citati si basano sull'innovativo modello di apprendimento della Comau Academy e prevedono pertanto una perfetta alternanza tra

4. Il fondo Forma.Temp mette a disposizione risorse per finanziare attività di formazione, rivolte a disoccupati, inoccupati, lavoratori a tempo determinato e indeterminato in somministrazione, per lo sviluppo, l'aggiornamento, la qualificazione e la riqualificazione di nuove conoscenze e competenze professionali. Maggiori informazioni possono essere reperite attraverso il sito web del fondo: www.formatemp.it.

5. La sigla NEET, acronimo dell'espressione in lingua inglese «Not in Education, Employment or Training», indica persone professionalmente inattive, in un dato momento di osservazione, in quanto non impegnate in attività scolastiche, lavorative o di formazione professionale.

momenti di formazione conoscitiva (“content driven learning”), di applicazione pratica in laboratorio (“action driven learning”) e di scambio, ovvero di confronto all’interno del gruppo classe e con i professionisti del settore (“relationship driven learning”). I laboratori esperienziali costituiscono uno dei punti chiave della proposta della Comau Academy: i “laboratori tecnologici” sono alimentati da soluzioni sviluppate specificamente da Comau, le cosiddette “learning technologies”, per simulare, in totale sicurezza le realtà industriali nelle quali i partecipanti si troveranno ad operare. Soluzioni tecnologiche che bilanciano sempre elementi e competenze tradizionali con strumenti innovativi e 4.0 (realtà virtuale, realtà aumentata, robot collaborativi, ...), preparando così i partecipanti a lavorare in contesti che stanno affrontando processi di automazione e digitalizzazione, dalle PMI alle grandi aziende, supportando la “workplace innovation”.

Ogni percorso inizia con un modulo di introduzione sull’innovazione, sulle soft skill e sul ruolo che i partecipanti ricopriranno nel mondo del lavoro, dedicandosi a 360 gradi alle competenze necessarie per potersi candidare nelle aziende sulla base di una profonda comprensione dell’efficacia del modello professionale richiesto. I percorsi si strutturano quindi in unità contenutistiche modulari da 40 ore, ciascuna delle quali è pensata per lavorare su una specifica “skill 4.0”, una competenza tecnico-professionale verticale. Infine, al termine di ciascun percorso, un modulo di integrazione pratica delle conoscenze condotto in laboratorio permette ai partecipanti di mettere alla prova quanto hanno appreso attraverso lo sviluppo di project work ingaggianti che utilizzano le tecnologie approfondite. A valle di questo, i partecipanti si sottopongono ad un esame teorico-pratico finale, al superamento del quale ottengono una certificazione professionale riconosciuta a livello globale da Comau.

Tutti i percorsi sono sviluppati secondo i più alti standard di **instructional design** o “ingegneria informativa” e i materiali didattici necessari vengono resi disponibili attraverso una moderna piattaforma online LMS (Learning Management System).

Non solo, la pervasività dell’approccio di Comau Academy si estende anche all’up-skilling e al re-skilling dei docenti e dei formatori che dovranno erogare questi percorsi ai destinatari finali. Comau Academy ha infatti sviluppato percorsi di “formazione formatori” appositamente pensati per guidare minuto per minuto la gestione delle lezioni e per certificare anche chi dovrà insegnare ai partecipanti.

5.2. Il percorso “Esperto di Robotica e Cobot 4.0”

5.2.1. La cella didattica mobile con robot collaborativo Comau Racer-5-0.80 Cobot

La “Future of Jobs Survey 2020” del World Economic Forum rivela la crescente domanda di esperti di sistemi robotici, sviluppatori di applicazioni robotiche collaborative e specialisti della trasformazione digitale. Per esaudire questa richiesta la Comau Academy ha realizzato il percorso “Esperto di Robotica e Cobot 4.0”.

Questo innovativo percorso educativo ha richiesto la creazione di una cella mobile robotizzata pensata per poter essere collocata in ambienti scolastici, laboratori, aree dimostrative, in totale sicurezza e facilità di movimento.

La cella didattica mobile pensata e sviluppata da Comau, mostrata in Fig. 3, si compone di:

- struttura che identifica la cella di lavoro;
- robot collaborativo Comau Racer-5 Cobot;
- gripper installato a bordo robot, anch’esso collaborativo e con livelli di sicurezza nella chiusura della pinza;
- terminale di programmazione;
- due Laser Scanner posizionati agli angoli opposti della cella.

Gli scanner permettono un duplice utilizzo della cella, in relazione alla tipologia dello spazio dell’aula. Se la cella viene utilizzata con la parte posteriore distante da una parete dell’aula, il formatore può selezionare la modalità “staccata dal muro” che permette alla cella di rilevare gli studenti a 360 gradi attorno ad essa ed entrare in modalità collaborativa, ovvero con velocità di movimento ridotta, riducendo la probabilità che un pericolo crei un danno e aumentando la sicurezza.

Gli studenti possono programmare il robot in prossimità della cella perché sono state create aree virtuali, in modo da coprire le zone con maggior rischio. Quando il robot entra in queste aree, durante il proprio movimento, la riduzione della velocità del robot stesso minimizza il rischio di infortunio in caso di urto con una persona. Inoltre, come layer aggiuntivo di sicurezza, è stato previsto, in fase di sviluppo della cella, un programma in background che limita ulteriormente le velocità del robot. Questo ha consentito di migliorare maggiormente la sicurezza degli studenti durante lo svolgimento delle esercitazioni e dei laboratori.

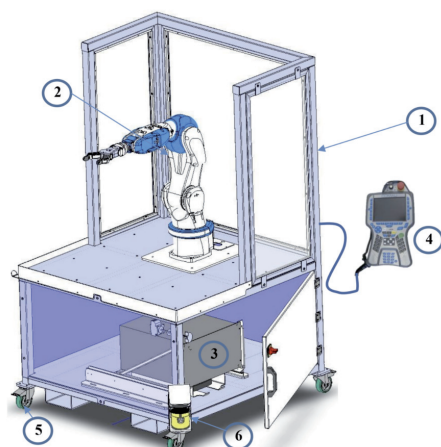


Fig. 3 - Raffigurazione della cella didattica mobile, comprensiva di cella di lavoro (1), robot Comau Racer-5 Cobot con gripper (2), quadro elettrico robot (3), Teach-Pendant Comau (4), ruote di movimentazione e riferimento (5), Laser Scanner (6)

5.3. Il percorso di formazione docenti

La formazione iniziale degli insegnanti è un elemento cardine del percorso di formazione pensato dalla Comau Academy per adeguare il ruolo del formatore alle diverse sfaccettature dei temi sempre più dinamici e complessi affrontati nei corsi professionalizzanti.

La durata del percorso di formazione docenti di “Esperto di Robotica e Cobot 4.0” è pari al 40% di quella del percorso formativo per i destinatari finali. La formazione e la certificazione dei formatori avviene in presenza, prevalentemente presso le sedi di Comau e ha l’obiettivo di guidare i formatori nella familiarizzazione con i contenuti del corso, con i materiali forniti e con l’approccio didattico che accompagna il laboratorio. Inoltre, permette ai docenti di vivere l’esperienza formativa dal punto di vista dei partecipanti, con l’obiettivo di creare una maggiore empatia tra formatore e studente.

Il 50% di questo percorso viene dedicato alla revisione e all’approfondimento dei concetti chiave dei temi affrontati e alla dimostrazione dell’utilizzo corretto dei materiali. L’altra metà viene invece destinata ad una simulazione delle esercitazioni, allo scopo di far emergere gli argomenti ritenuti complessi e di sollecitare un confronto con i futuri formatori nell’ottica di un miglioramento continuo.

Le competenze preliminari per la formazione e la certificazione dei formatori di “Esperto di Robotica e Cobot 4.0”, che possono comportare la necessità di uno studio individuale addizionale, sono di due tipi: le prime sono legate alle esperienze pregresse nella formazione di adulti o di giovani adulti e alla capacità di comunicazione e relazione d’aula. Il secondo tipo di competenze è invece legato alle conoscenze tecniche, quindi all’esperienza nella programmazione di robot industriali (o conoscenze relative), alla programmazione di sistemi programmabili - bus di campo e, più in generale, all’utilizzo di strumenti informatici e alla capacità di installazione di programmi su PC.

Al termine del percorso i docenti dovranno superare con successo gli stessi esami degli studenti, con l’aggiunta di una prova sulle capacità di formazione e relazione d’aula. L’obiettivo è quello di far emergere una figura altamente formata e competente sui temi specifici trattati e con un alto profilo formativo. Solamente i formatori in possesso della certificazione Comau sono abilitati all’utilizzo del Professional Training Center e all’erogazione dei relativi contenuti didattici.

5.4. Il percorso di formazione studenti

Disegnare un percorso di apprendimento significa prevedere una sequenza di “unità di apprendimento” (situazioni, soluzioni e attività) da proporre ai destinatari per stimolare il loro processo di apprendimento. La sequenza di unità di apprendimento dev’essere distribuita nel tempo e ordinata secondo criteri metodologici consapevoli e dichiarati.

I criteri che guidano il team della Comau Academy nella progettazione dei propri percorsi didattici sono principalmente tre. Il primo vuole promuovere la progressiva autonomia dei partecipanti, fornendo loro tutti gli strumenti utili per comprendere la sequenza logica del percorso. Il secondo prevede la coerenza tra attività proposte ed obiettivi. L’ultimo considera l’equilibrio tra le diverse tipologie di attività, così da attivare tutti i principali sotto-processi implicati nell’apprendimento, ovvero:

- il processo conoscitivo, per alimentare l’apprendimento con le necessarie informazioni;
- il processo operativo, per promuovere l’utilizzo e la verifica dell’efficacia delle informazioni ricevute;
- il processo partecipativo, per garantire l’attivazione della motivazione e la partecipazione al controllo sull’andamento del processo.

Ruolo e competenze	Il sistema robotizzato		Hard skill specifiche		Pratica ed esame
Modulo 1 Introduzione al ruolo, soft skill e industria 4.0 40 ore	Modulo 2 Evoluzione 4.0 della robotica 40 ore	Modulo 3 Uso e programmazione 40 ore	Modulo 4 Soluzioni collaborative, uso e programmazione di Cobot 40 ore	Modulo 5 Fieldbus e programmazione PLC 40 ore	Modulo 6 Integrazione pratica degli apprendimenti in laboratorio ed esame teorico-pratico finale 32 + 8 ore
Aula informatica	Laboratorio	Aula informatica	Laboratorio (160 ore totali)		

Fig. 4 - Raffigurazione del percorso “Esperto 4.0 di robotica e Cobot”

L'obiettivo cardine del percorso di formazione studenti (rappresentato nella Fig. 4) è quello di creare un profilo professionale esperto di robotica collaborativa, in grado di orientarsi all'interno delle diverse applicazioni dei sistemi di automazione industriali e con le capacità necessarie per comprendere le logiche, i punti di forza e i campi applicativi dei robot collaborativi. Inoltre, la figura professionale in uscita possiederà le competenze per la programmazione di sistemi automatizzati per l'Industria 4.0, che vedono la presenza sia di robot tradizionali sia di robot collaborativi.

5.4.1. I primi feedback positivi sull'esperienza Comau Academy nella formazione professionalizzante

Numerosi percorsi professionali “job 4.0” sono già stati avviati presso cinque “Professional Training Center” attivi sul territorio italiano. A testimoniare il successo ottenuto da questa esperienza è l'altissimo tasso di oc-

cupazione fra i partecipanti che conseguono la certificazione Comau, pari quasi al 100% nei primi mesi dopo il completamento del corso.

I punti di forza dei percorsi disegnati dalla Comau Academy, riconosciuti in particolar modo dai partecipanti, sono principalmente due. Il primo riguarda il focus sulla creazione di un mind-set tecnologico che permetta, attraverso una modalità di apprendimento attivo, di collegare le materie insegnate a scenari e casi d'uso reali, propri del mondo del lavoro. I partecipanti hanno infatti l'opportunità di toccare con mano le tecnologie che incontreranno nel loro futuro professionale. Tutto questo si traduce in un approccio concreto, pragmatico, interdisciplinare e multidisciplinare, che incoraggia, in ultima analisi, la curiosità dei partecipanti, accrescendone la motivazione e l'impegno.

Il secondo punto di forza è la capacità di creare self satisfaction, trasmettendo nei giovani una visione delle prospettive professionali in molteplici settori di applicazione. L'impegno della Comau Academy è quello di agevolare quei comportamenti e quei processi aziendali che rappresentano le attese che le imprese hanno nei confronti dei giovani, creando una **cultura del lavoro**.

Il modello Comau “giovani per i giovani” è stato altamente apprezzato e riconosciuto dai docenti formati: il team della Comau Academy è un team giovane e allo stesso tempo fortemente preparato, in grado di proporre un nuovo modo per trasmettere conoscenze e competenze complesse, ma anche di creare un processo di scambio reciproco di esperienze con i partecipanti, in un'ottica di miglioramento continuo.

6. Conclusioni

La realtà industriale e, in generale, quella lavorativa stanno affrontando un periodo di profonda trasformazione: una vera e propria quarta rivoluzione industriale, che come si è detto evolve rapidamente verso la digitalizzazione e l'Industria 4.0.

Ricerche socio-economiche dimostrano che la robotica e l'automazione costituiscono una tendenza in crescita esponenziale, come evidenziato dalla “legge di Martec” di Scott Brinker, citata all'inizio di questo capitolo. Tante sono le sfide a cui sono sottoposte le organizzazioni “umane” (aziende, istituzioni, comunità e territori), alle quali è richiesto di evolvere più rapidamente e non “logaritmicamente”, per stare al passo con i tempi. Si tratta di sfide legate all'automatizzazione e alla digitalizzazione della produzione, per renderla più snella e flessibile, mantenendo al centro la persona e senza quindi dimenticarne mai la sicurezza, per poter far fronte

ad una richiesta sempre maggiore di **produzione personalizzata**. Mancano tuttavia le competenze. È pertanto necessario, così come fatto per tante altre tecnologie (si pensi, ad esempio, ai computer e in generale all'informatica), abbattere le barriere all'ingresso anche nel caso della robotica. Bisogna perciò abbattere barriere fisiche, cioè le “gabbie” al cui interno sono confinati i robot industriali per motivi di sicurezza, passando a robot collaborativi che permettono di costruire ambienti simbiotici dove le persone e le tecnologie rese “umane” possono interagire. Ma è indispensabile abbattere anche le barriere sociali e “culturali”. Per questo devono nascere robot educativi come Comau e.DO, sviluppati per affascinare i giovani ed avvicinarsi alla robotica; robot semplici da usare e intuitivi, che siano contaminati (concetto di “cross-pollination”) dai modi d'uso e dai paradigmi propri di una vita di tutti i giorni, che è già spesso 4.0.

Per questo è stato raccontato il percorso sinergico di Comau, fra l'evoluzione delle tecnologie e la formazione di studenti, giovani che si affacciano alla carriera lavorativa, ma anche di professionisti. Per questo la Comau Academy ha investito nello sviluppo di una didattica sui temi della robotica e dell'automazione, tanto in termini di competenze divulgative (discipline STEM⁶, coding, programmazione e pensiero logico-computazionale), quanto a livello professionale (progettazione, programmazione e sviluppo della logica di controllo di robot e macchine automatiche). La missione di Comau Academy è **trasformare** le imprese del futuro (“workplace innovation”) **formando** le **persone** che lavorano al loro interno.

6. STEM è l'acronimo dei termini inglesi “Science”, “Technology”, “Engineering” e “Mathematics”, usato per identificare le discipline scientifiche e tecnologiche (in italiano Scienza, Tecnologia, Ingegneria e Matematica).

6. Il potere educativo della robotica di sciame: esperienze e prospettive

di *Alessandra Vitanza*

1. Robotica di sciame in educazione

L'uso della robotica è notevolmente cresciuto nel corso degli ultimi anni, influenzando in modo sempre più significativo la nostra società in molteplici settori (Dautenhahn, 2005; Vitanza, 2019c; Dadvar, 2022). Il mondo dell'istruzione e della formazione, in particolare, risultano essere i settori che sono stati pienamente coinvolti in questa trasformazione per i numerosi vantaggi che l'uso dei robot hanno come sostegno allo sviluppo di capacità creative e del cosiddetto pensiero computazionale (Benitti, 2012). Sotto questo punto di vista i robot educativi, grazie al loro indubbio fascino, hanno dimostrato il pieno potenziale per rivoluzionare l'istruzione e renderla più coinvolgente, efficiente ed efficace.

Ampiamente utilizzati per insegnare per lo più materie scientifiche, tra cui scienze, matematica e fisica (le classiche materie STEM), recentemente vengono sempre di più utilizzati per affrontare fenomeni complessi tipici, ad esempio, delle scienze sociali ed economiche. In questo i robot possono aiutare gli studenti a esplorare argomenti che sono di difficile assimilazione o che normalmente non vengono studiati. L'uso di un robot educativo per lo studio dei fenomeni complessi, infatti, può consentire agli studenti di affrontare tali problemi in modo metodico e organizzato, familiarizzando con il metodo scientifico ed aiutandoli ad organizzare meglio le loro conoscenze e ad esplorare nuovi concetti (Committee on K-12 Engineering Education, 2009; Grandgenett, 2013).

Le potenzialità di questa nuova tecnica educativa non si limitano solo alla sfera dell'efficacia ma anche della *inclusività*. In questo caso, i maggiori vantaggi si hanno con gli studenti che non sono in grado di apprendere in modo tradizionale a causa di qualche difficoltà. Ad esempio, un robot educativo può aiutare, attraverso il gioco, studenti con dislessia a imparare

a leggere e scrivere. Ed ancora, l'utilizzo del robot come mediatore sociale può agevolare il bambino con disabilità ad integrarsi meglio nel gruppo attivando i canali a lui più congeniali e compensando, in tutto o in parte, la disabilità (Yumakulov, 2012; Pennisi, 2016; Papakostas, 2021).

Un ulteriore aspetto che rende i robot educativi ancora più validi e interessanti è la possibilità di essere utilizzati per stimolare lo sviluppo di determinate abilità sociali (Rubinacci, 2017; Ponticorvo, 2020). Da questo punto di vista, l'uso dei robot può rappresentare un *facilitatore* dell'apprendimento per il superamento di situazioni difficili e problemi sociali, imparando così a gestire l'ansia sociale o la paura della folla. Gli studenti possono imparare più efficacemente a sentirsi a loro agio nel parlare in pubblico di fronte a un gruppo, così come a superare difficoltà dentro gli ambienti scolastici per, ad esempio, affrontare un bullo (Accettola, 2017) o fuori dalla scuola, nella vita reale, dovendo affrontare situazioni quotidiane che comprendono per lo più interazioni sociali.

È in questo quadro di riferimento che si colloca l'utilizzo innovativo di una specifica area di ricerca: la *swarm robotics*, anche detta robotica di sciami, che ha permesso, a noi ricercatori di robotica, la creazione di nuovi paradigmi educativi (Vitanza, 2019a, 2019b, 2022). Questa disciplina, derivando dagli studi della *Swarm Intelligence*¹, prende importanti spunti dalla Natura e permette di creare scenari più accattivanti e coinvolgenti. In essa, infatti, i singoli robot devono essere abili o capaci di apprendere, come coordinarsi per risolvere problemi complessi, risolvibili solo grazie ad un lavoro congiunto. In questo contesto i robot sono impiegati per lo più come *mediatori* dell'apprendimento e gli interventi educativi possibili sono altamente personalizzabili e adattabili, potendo contare sul diretto coinvolgimento dello studente che, così, impara giocando (*Learning by gaming*). Potendo modulare gli interventi educativi e utilizzando metodologie di apprendimento basate sul *problem posing*, *problem solving*, *creatività* e *tinkering* è possibile far sperimentare comportamenti collettivi sempre diversi, supportando l'apprendimento di una vasta categoria di competenze trasversali. Tra gli obiettivi, pertanto, non c'è soltanto un mero insegnamento delle materie scientifiche alla base dei meccanismi mostrati, ma un vero e proprio laboratorio di abilità, nei quali il pensiero creativo, la capacità comunicativa, il computational thinking e il team working rappresentano soltanto alcuni esempi. Inoltre, come già da noi evidenziato (Vitanza,

1. *Swarm Intelligence*: disciplina che prende spunto dal mondo naturale e, in particolare, dallo studio dei sistemi auto-organizzanti per ricavarne il meccanismo che regola la coordinazione fra individui, vista come Intelligenza collettiva. Le colonie di insetti, i banchi di pesci o gli stormi di uccelli sono gli esempi più classici.

2022), il potenziale educativo di un sistema, basato sull'interazione multipla tra gruppi di bambini e gruppi di robot (*human-swarm interaction*), è enorme in quanto l'innata eterogeneità del gruppo e la grande immersività di questo tipo di esperienze potranno favorire dinamiche interne migliori e una collaborazione attiva.

Il vero potere di questo nuovo paradigma si nasconde, pertanto, nella grande flessibilità, nella multidisciplinarietà e nella sua enorme polivalenza che ha permesso la creazione di diverse esperienze formative e di sperimentazione che verranno qui di seguito descritte, suddividendole per ambito di applicazione e cercando di evidenziare le motivazioni, gli strumenti e le metodologie utilizzate.

2. Esperienze di sperimentazione

L'uso di gruppi di robot che interagiscono per risolvere un problema comune è, indubbiamente, un magnifico esempio che già di per sé facilita l'assimilazione di concetti complessi, rendendo più immediato l'apprendimento di concetti relativi alle azioni collettive. E se questo può, senza dubbio, accompagnare gli studenti alla scoperta delle scienze umane aiutando i docenti nell'insegnamento di fenomeni statistici e matematici o sociali e di gruppo, può al tempo stesso incentivare la partecipazione attiva, facendo prendere maggior consapevolezza dei fenomeni stessi e favorendo, così, l'indiretto apprendimento di importanti *soft skills*.

Sotto queste premesse si è quindi deciso di proporre e progettare attività sperimentali per l'utilizzo della robotica di sciame a fini didattici in vari contesti, con lo scopo di identificare quali possano essere gli strumenti utili a favorire la capacità di comunicazione e collaborazione in un gruppo, promuovendo il *problem posing/solving*, l'ascolto attivo e la capacità di fare squadra (Vitanza, 2019a, 2019b, 2022).

Le attività di ricerca di seguito descritte riguardano recenti percorsi realizzati appositamente per la scuola d'infanzia, primo gradino del percorso di istruzione e momento di formazione fondamentale per tutti i bambini. Tali attività si inseriscono nell'ambito di diverse collaborazioni del gruppo di ricerca CINARS² dell'Istituto di Scienze e Tecnologie della Cognizione

2. *Collective Intelligence in Natural and Artificial Systems Lab*. Laboratorio che si occupa di studi avanzati in IA, con particolare focus su intelligenza collettiva, swarm intelligence e sistemi multi-agente; applicazioni in vari contesti tra cui la robotica autonoma, la robotica educativa e i sistemi socio-tecnici auto-organizzativi. Maggiori informazioni al link: www.istc.cnr.it/group/cinars (data di ultima consultazione: 29 agosto 2022).

del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR-ISTC) all'interno del filone di ricerca "Robotica educativa e Swarm Intelligence".

Il robot usato è il *Thymio II*³, un piccolo robot educativo appositamente progettato per fini didattici e adatto a tutte le fasce d'età: dall'infanzia all'università. La peculiarità di avere 6 comportamenti base pre-programmati lo rende adatto allo *storytelling* e per un uso plug-and-play con i bambini più piccoli; mentre la possibilità di essere programmato in diversi linguaggi e ambienti di sviluppo, sia visuali che testuali (ad es., Scratch, VPL, Snap!, Blockly, Python), lo rende accattivante fino ai più alti livelli di istruzione.

In questo caso, essendo i destinatari bambini di età compresa tra i quattro e i sei anni, i temi strettamente legati alla robotica di sciame sono stati semplificati e gli obiettivi degli interventi sono per lo più legati alle tappe dello sviluppo e all'apprendimento dei prerequisiti e competenze attese per la scuola primaria. In questo contesto, è fondamentale saper sfruttare l'innata tendenza dei bambini di questa età di empatizzare e impersonare gli artefatti (Severson, 2018; Fonzi, 2001) al fine di creare materiali didattici più coinvolgenti che conducano al miglioramento di importanti abilità sociali, quali la collaborazione, il superamento della fase egocentrica e imparando il valore della condivisione e dell'amicizia. Ed ancora, lo sviluppo e il miglioramento delle conoscenze linguistiche, delle abilità spazio-temporali, così come l'alfabetizzazione emotiva e l'acquisizione delle migliori tecniche per la gestione della rabbia.

In questo ventaglio di opportunità così ampio, si è cercato di proporre diversi percorsi laboratoriali di ricerca empirica in collaborazione con il Laboratorio di Simulazione del Comportamento e Robotica Educativa "Luciano Gallino"⁴ dell'Università di Torino, nell'ambito di alcuni lavori di tesi, al fine di poter osservare l'impatto di tali attività su determinate competenze di base e su alcune abilità trasversali (Fig. 1).

2.1. *Processi di socializzazione*

Questo percorso laboratoriale è basato sui processi di socializzazione e ha visto l'alternanza di attività didattiche ad esperienze laboratoriali svolte

3. Thymio II: www.thymio.it (data di ultima consultazione: 24 agosto 2022).

4. Laboratorio realizzato nell'ambito del Progetto di Eccellenza del Dipartimento di Filosofia e Scienze dell'Educazione (DFE) e finanziato dal Fondo di finanziamento quinquennale (2018-2022) del Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR) per rafforzare e valorizzare l'eccellenza della ricerca. Maggiori informazioni al link: www.laboratoriogallino.unito.it (data di ultima consultazione: 25 agosto 2022).

singolarmente, a coppia o in gruppo ed una prova ludica finale⁵, da svolgersi a coppia, che rappresenta lo strumento di verifica. In tutte le attività si fa uso di più robot Thymio contemporaneamente, sfruttando i comportamenti di base e/o permettendo di comandarlo tramite il telecomando o i bottoni capacitivi. La sperimentazione ha previsto la suddivisione in due gruppi (sperimentale e di controllo), la raccolta dati ha fatto uso della strategia *mixed method*, con un'osservazione partecipante e la successiva strutturazione delle informazioni in variabili quantitative. Le attività didattiche dedicate al gruppo sperimentale si sono per lo più focalizzate sul potenziamento delle capacità comunicative, rispetto delle regole e dei turni atte a favorire l'apprendimento di strategie collaborative.

Nonostante le numerose difficoltà dovute alla chiusura delle scuole a causa della pandemia, si è riusciti a fare un'indagine esplorativa su piccoli numeri che ha permesso una prima verifica su come esperienze come queste possano avere riscontri positivi sia sul piano cognitivo sia personale dei bambini. I risultati preliminari, sono stati presentati alla Conferenza Internazionale ICERI2021⁶ (Brignone, 2021).

2.2. Processi di alfabetizzazione

Per questo percorso laboratoriale, invece, si è deciso di focalizzarsi su arricchimento linguistico, potenziamento scientifico ed alfabetizzazione emotiva. Tutti i bambini hanno partecipato a una serie di incontri che, iniziando dalla classica introduzione alla robotica educativa, li conduce via via alla scoperta del robot Thymio e alla partecipazione ad attività ludico-didattiche di tipo collaborativo. Alcune fasi hanno visto un coinvolgimento collettivo dell'intero gruppo altre, invece, la suddivisione dei bambini in gruppi formati da un min. di 4 a un max. di 10 per sessione.

La peculiarità di questo percorso è data dall'uso innovativo di molteplici strumenti che, seppur tradizionali come filastrocche, storie e albi illustrati, puzzle e plastici, sono stati progettati e utilizzati in maniera innovativa, in stretta sinergia con l'uso dei robot che, dal mondo reale, vengono catapultati nei racconti fiabeschi per accompagnare i bambini in un viaggio nell'universo alla scoperta delle emozioni (ad ogni pianeta è associata un'e-

5. Attualmente in corso di sperimentazione.

6. ICERI 2021. 14th annual International Conference of Education, Research and Innovation (Online Conference. 8-9 Nov., 2021). ISBN: 978-84-09-34549-6 / ISSN: 2340-1095 doi: 10.21125/iceri.2021. Link: <https://iated.org/archive/iceri2021> (data di ultima consultazione: 25 agosto 2022).

mozione). Tutti i materiali e le attività sono state create *ad hoc* per il laboratorio con l'obiettivo di spingere, attraverso la narrazione, i piccoli a familiarizzare con i diversi stati emotivi e a svolgere le sfide di coding proposte insieme ai pari e ai Thymio, in modo da promuovere la collaborazione, migliorare la motivazione e l'inclusione. Il primo studio pilota ha mostrato grandi potenzialità e si è così deciso di allargare la sperimentazione, attualmente in fase di progettazione.



Fig. 1 - Vari momenti delle attività didattiche svolte in aula nei due percorsi sperimentali: socializzazione e alfabetizzazione

3. Riflessioni e prospettive future

Le applicazioni della robotica di sciame che hanno come obiettivo l'istruzione sono attualmente pochissime (Johal, 2020) e i nostri lavori (Vitanza, 2019a; Vitanza, 2019b; Brignone, 2021; Vitanza, 2022) rappresentano di fatto le prime vere ricerche empiriche che hanno effettivamente come obiettivo quello di testare l'efficacia degli interventi educativi realizzati usando il paradigma della swarm robotics, volendo quantificare anche i risultati dell'apprendimento.

Va detto che, sebbene al giorno d'oggi i robot educativi siano diventati intuitivi e semplici da programmare, le abilità ritenute fondamentali per gli sciame robotici (come la gestione della comunicazione tra robot, la neces-

sità di interazione locale e a volte di coordinamento) sono ancora non del tutto accessibili al grande pubblico, rendendo necessario un continuo interfacciamento con gli specialisti del settore.

In questo panorama un ruolo fondamentale è quello dell'insegnante che dovrà sempre di più esser capace di utilizzare le potenzialità delle nuove tecnologie, in questo caso della robotica, come strumenti e medium educativi nel processo di apprendimento globale al fine di creare proposte didattiche che siano veramente cucite attorno alle esigenze dei destinatari. Da qui la forte necessità di formazione per il corpo docente.

Infine, vale la pena ricordare come l'uso della robotica si sia diffuso e consolidato già da tempo anche nel settore industriale, automobilistico quanto in quello manifatturiero. Qui i robot vengono per lo più impiegati per l'assemblaggio e la saldatura di materiali, cioè, in tutti quei lavori ritenuti ripetitivi, rischiosi e faticosi per l'uomo. Di recente, però, si sono affacciati all'orizzonte nuovi tipi di robot industriali, denominati appunto *cobot*, per la loro caratteristica di essere *collaborativi*, ossia capaci non solo di svolgere tutti quei lavori difficili per l'uomo ma anche di saper lavorare insieme. Sempre più abili nel dividersi i compiti con tutti i *colleghi*, siano essi umani o robotici, tali robot sono e devono essere dotati di grande sicurezza al fine di poter condividere gli stessi spazi non mettendo a rischio nessuno. Da questo si capisce come gli scenari applicativi sono i più vasti e pertanto risulta cruciale introdurre e sviluppare nuove competenze nei giovani, sin dai primi percorsi scolastici. Ciò aiuterà innanzitutto a ridurre lo *skill gap*, lo squilibrio tra le competenze richieste dal mondo del lavoro e quelle realmente trasferite dal sistema scolastico, visto attualmente come minaccia per la crescita globale, economica e sociale (Hoteit 2020). È solo attraverso lo svecchiamento del sistema scolastico e la creazione di nuovi percorsi didattici, anche in sinergia con le aziende, che sarà possibile favorire l'apprendimento sia delle nozioni tecniche necessarie sia di tutte quelle competenze e abilità trasversali capaci di mitigare l'effetto negativo dello *skill mismatch*, ovvero l'incapacità di adattarsi e rimanere in linea con l'evoluzione stessa delle tecnologie (Puckett, 2020a, 2020b). Pertanto, sfruttare la robotica collaborativa e di sciame come strumento didattico racchiude in sé numerosi vantaggi sin dalle prime fasi della formazione degli alunni. Sono diversi oramai gli studi che dimostrano come, al di là dei miglioramenti nell'apprendimento nozionistico, questo tipo di attività riesca a sviluppare canali preferenziali per l'acquisizione delle competenze utili durante tutta la vita e in diversi ambiti – dall'ambiente scolastico a quello lavorativo – e per questo dette *life skills* (Taylor, 2008; Eguchi, 2014; Carlotto, 2015).

Acknowledgements

Un ringraziamento speciale va rivolto a tutti i membri della ricerca. In particolare, i lavori presentati sono stati svolti sul campo rispettivamente da: Christelle Garnerò nell'ambito della sua tesi di laurea magistrale in Scienze Pedagogiche, dal titolo *Processi di socializzazione nella scuola dell'infanzia: l'uso del robot Thymio* (anno accademico 2019-2020), relatori R. Grimaldi e S. Palmieri (Università di Torino) e A. Vitanza (CNR-ISTC); e da Federica Morleo con la tesi di laurea magistrale in Scienze della formazione primaria, dal titolo *Un laboratorio emotivo con il robot Thymio nella scuola dell'infanzia: una ricerca empirica* (anno accademico 2021-2022), relatori M. Leone, R. Grimaldi, S. Palmieri (Università di Torino) e A. Vitanza (CNR-ISTC). Tale tesi ha ottenuto la menzione “dignità di stampa” per la qualità del lavoro e dei materiali prodotti, particolarmente meritevoli di pubblicazione. Un grazie particolare va rivolto anche a tutti i piccoli partecipanti ai laboratori che hanno dimostrato grande interesse e coinvolgimento nelle attività. Si fa presente, infine, che un consenso informato per la partecipazione alle attività e all'uso dei dati è stato firmato dai genitori o dai rappresentanti legali di ogni bambino coinvolto.

Bibliografia

- Accettola C., Rossetti P. (2017), “La robotica educativa contro il cyberbullismo e per l'impiego sicuro del web (RobOkkio)”, *La Robotica Educativa*. Pedagogika.it, vol. 21, n. 1, Stripes Edizioni.
- Benitti F.B.V. (2012), “Exploring the educational potential of robotics in schools: a systematic review”, *Computers & Education*, 58(3), pp. 978-988.
- Brignone S. et al. (2021), *The use of the Thymio robot and socialization processes in the nursery school*, ICERI2021 Proceedings, pp. 8894-8901.
- Carlotto G. (2015), *Soft skills: Convincere con le competenze trasversali e raggiungere i propri obiettivi*, FrancoAngeli, Milano.
- Committee on K-12 Engineering Education (2009), *Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospects*, The National Academies Press, Washington, DC.
- Dadvar M., Habibian S. (2022), “Contemporary research trends in response robotics”, *Robomech Journal*, vol. 9, n. 9.
- Dautenhahn K. et al. (2005), *What is a robot companion - friend, assistant or butler?*, in 2005 *IEEE/RSJ Intern. Conf. on intelligent robots and systems (IROS)*, Edmonton, Alta, Canada, 2-6 August 2005, pp. 1192-1197.
- Eguchi A. (2014), “Educational robotics for promoting 21st century skills”, *Journal of Automation Mobile Robotics and Intelligent Systems*, 8(1), pp. 5-11.

- Fonzi A., a cura di (2001), *Manuale di psicologia dello sviluppo. Storia, teorie e metodi di sviluppo cognitivo, affettivo e sociale nel ciclo della vita*, Giunti, Firenze.
- Grandgenett N. et al. (2013), *Robotics and problem-based learning in STEM formal educational environments*. Robots in K12 education: A new technology for learning, Information Science Reference, Hershey, PA, pp. 94-119.
- Hoteit L. et al. (2020), *Alleviating the heavy toll of the global skills mismatch*, BCG. Testo disponibile al sito: www.bcg.com/publications/2020/alleviating-the-heavy-toll-of-the-global-skills-mismatch (data di ultima consultazione: 22 agosto 2022).
- Johal W. et al. (2020), *Swarm Robots in Education: A Review of Challenges and Opportunities*, in *Proc. of the 8th International Conference on Human-Agent Interaction (HAI '20)*, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, pp. 272-274.
- Papakostas G.A. et al. (2021), “Social Robots in Special Education: A Systematic Review”, *Electronics*, 10, p. 1398.
- Pennisi P. et al. (2016), “Autism and social robotics: a systematic review”, *Autism Research Journal*, 9, pp. 165-183.
- Ponticorvo M. et al. (2020), “Educational Robotics to Foster and Assess Social Relations in Students’ Groups”, *Frontiers in Robotics and AI*, 7, p. 78.
- Puckett J. et al. (2020a), *Call For a New Era of Higher Ed-Employer Collaboration*, BCG. Testo disponibile al sito: www.bcg.com/publications/2020/new-era-higher-ed-employer-collaboration (data di ultima consultazione: 22 agosto 2022).
- Puckett J. et al. (2020b), *Fixing the global skills mismatch*, BCG Global. Testo disponibile al sito: www.bcg.com/publications/2020/fixing-global-skills-mismatch (data di ultima consultazione: 22 agosto 2022).
- Rubinacci F. et al. (2017), “Robotics for soft skills training”, *Research on Education and Media*, vol. 9, n. 2, pp. 20-25.
- Severson R.L., Woodard S.R. (2018), “Imagining Others’ Minds: The Positive Relation Between Children’s Role Play and Anthropomorphism”, *Frontiers in psychology*, 9, p. 2140.
- Taylor K., Baek Y. (2008), “Collaborative Robotics: More Than Just Working in Groups”, *Journal of Educational Computing Research*, 56(7), pp. 979-1004.
- Vitanza A. et al. (2019a), “Robot swarms as an educational tool: The Thymio’s way”, *International Journal of Advanced Robotic Systems*, vol. 16, n. 1.
- Vitanza A. et al. (2019b), “Robotica educativa e decisioni di gruppo”, *La Robotica Educativa*. Pedagogika.it, vol. 23, n. 2, pp. 24-31, Stripes Edizioni.
- Vitanza A. et al. (2019c), “Assistive Robots for the Elderly: Innovative Tools to Gather Health Relevant Data”, in Consoli S., Reforgiato Recupero D., Petković M., Eds., *Data Science for Healthcare*, Springer, Cham, pp. 195-215.
- Vitanza A., Trianni V. (2022), “La robotica di sciami come nuovo paradigma educativo per l’insegnamento delle competenze trasversali”, in Grimaldi R., a cura di, *La società dei robot*, Mondadori Università, Milano, pp. 275-285.
- Yumakulov S. et al. (2012), “Imagery of Disabled People within Social Robotics Research”, in Ge S.S., Khatib O., Cabibihan J.J., Simmons R., Williams M.A., Eds., *Social Robotics*, ICSR 2012. Lecture Notes in Computer Science, vol. 7621, Springer, Berlin, Heidelberg.

7. Robotica educativa e autismo: un caso di studio con l'impiego di Codey Rocky

di *Lucia Laturra e Silvia Palmieri*

1. Premessa di metodo

Nel presente lavoro intendiamo dare conto di uno studio durato due anni in cui è stato impiegato il robot Codey Rocky in un'attività educativa svolta con una bambina di dieci anni di età con diagnosi di ASD (Autism Spectrum Disorder). L'autismo è un disturbo del neurosviluppo che si configura come una sindrome comportamentale in cui compaiono deficit più o meno marcati nell'interazione sociale e nella comunicazione. L'utilizzo educativo di vari tipi di tecnologie risulta essere particolarmente utile nel sostenere e favorire lo sviluppo di abilità molto spesso emergenti, ma pur sempre deficitarie. Lavorando con Codey Rocky, è stata svolta un'attività con una bambina che presenta difficoltà nel riconoscimento dei colori e un deficit di relazione sociale con i pari causato da una scarsa abilità nel cogliere i segnali sociali e nel riconoscere le emozioni altrui.

In una prima fase si è lavorato sugli apprendimenti in modo tradizionale attraverso l'uso della metodologia ABA (Applied Behavior Analysis) che, tuttavia, non ha dato i risultati sperati nei tempi previsti. Si è deciso così di utilizzare il robot Codey Rocky (Fig. 1) come supporto all'attività di apprendimento. In entrambe le fasi di lavoro è stata utilizzata una scheda di "presa dati" ABA: i risultati raccolti hanno consentito di mettere in luce le potenzialità della robotica.

Il lavoro è stato svolto nell'ambito delle attività del Laboratorio di simulazione del comportamento e robotica educativa "Luciano Gallino" (Grimaldi, 2022) presso il Dipartimento di Filosofia e Scienze dell'Educazione dell'Università degli Studi di Torino (Laturra, 2020/2021), con il coordinamento del professor Renato Grimaldi.



Fig. 1 - Il robot Codey Rocky

2. Caratteristiche del Disturbo dello Spettro Autistico

L'autismo è un disturbo del neurosviluppo ad eziologia multifattoriale, con una forte predisposizione genetica che, in concomitanza con fattori ambientali, determina un diverso sviluppo del cervello che si esprime, con diversi gradi di gravità, in un corso anomalo dello sviluppo cognitivo e, di conseguenza, in un'anomala organizzazione del comportamento. Fa il suo esordio intorno ai tre anni di vita e alcuni sintomi accompagnano il soggetto durante l'infanzia e continuano nell'età adulta. Si tratta di un disturbo del neurosviluppo che ha un'insorgenza precoce e un interessamento multisistemico che tende a permanere per tutta la vita. I disturbi dello sviluppo sono presenti nel bambino fin dalla nascita, ma diventano più evidenti a mano a mano che cresce: è possibile osservare, infatti, che non vengono rispettate le principali fasi di sviluppo e molte tra le abilità più significative possono non essere acquisite. In particolare, sono le competenze sociali e comunicative ad essere deficitarie: difficoltà nel parlare o assenza di comunicazione; tendenza all'isolamento e deficit nella capacità di interazione con adulti e coetanei; comportamenti ripetitivi e spesso stereotipati; mancanza di pointing e referenza condivisa; assenza di interesse per i giochi interattivi e, quindi, deficit nella socializzazione. Spesso vi possono essere, inoltre, difficoltà motorie, deficit sensoriali, disturbi del sonno e disturbi gastrointestinali. Come conseguenza, si riscontrano delle anomalie nell'orientamento e nell'attenzione verso gli altri: ciò che risulta di difficile acquisizione è la capacità dei soggetti con autismo di leggere e comprendere il comportamento e le emozioni altrui. Tutto ciò porta a una compromissione dello sviluppo socio-comunicativo e nell'acquisizione dei principali apprendimenti.

3. Autismo e nuove tecnologie

La letteratura scientifica dimostra che l'utilizzo educativo di vari tipi di tecnologie risulta particolarmente utile nel sostenere e favorire lo sviluppo di abilità fondamentali per l'acquisizione di apprendimenti didattici. Soprattutto i social robot, per la loro versatilità ed intrinseca attrattività, rappresentano l'ultima frontiera in termini di tecnologie educative e didattiche per i disturbi del neurosviluppo. Pertanto, sembra che i robot possano costituire, per i soggetti con autismo, un contesto di formazione prevedibile, controllato, caratterizzato da sequenze regolari e semplificate di azioni, prive di elementi di disturbo che sono tipiche dei contesti naturali e che contribuiscono a generare ansia e stress (Vivanet, 2014). La forza del robot nei contesti didattici sembra, dunque, risiedere nella sua possibilità di fornire un ambiente prevedibile e coerente (Pennazio, 2019). Le interazioni con i robot, avendo una ridotta complessità comunicativa rispetto alle interazioni tra umani, risultano, quindi, particolarmente comprensibili, prive di messaggi contraddittori e *user friendly* per i bambini con autismo. Per tale ragione, è per loro molto più semplice interfacciarsi con un robot che funga da mediatore della relazione con l'adulto, in quanto esso può essere programmato in base alle esigenze del soggetto, eliminando l'imprevedibilità nelle sue risposte e creando situazioni relazionali rassicuranti da un punto di vista emotivo (Fachantidis, 2018).

4. Descrizione del caso

Lo studio di caso è stato dedicato a una bambina di dieci anni di età con diagnosi di Disturbo dello Spettro Autistico a "basso funzionamento". La sua capacità di interazione con gli altri è piuttosto compromessa; per questo, preferisce isolarsi e giocare da sola. Fatica a comprendere le emozioni e gli stati d'animo dei bambini che la circondano ed è per lei difficile inserirsi in maniera adeguata nei loro giochi, anche a causa della sua difficoltà di comunicazione e degli interessi ristretti. Risulta deficitaria la capacità della bambina di mantenere l'attenzione; qualora le attività proposte siano considerate poco interessanti o faticose, privilegia la fuga. A livello cognitivo, invece, il deficit è piuttosto importante; questo rende necessaria la creazione di una programmazione individualizzata e personalizzata, costruita sugli obiettivi stabiliti dall'equipe educativa. La bambina è, però, particolarmente attratta da qualsiasi strumento tecnologico; da qui la scelta di utilizzare Codey Rocky, dopo aver lavorato con metodi tradizionali, al fine di suscitare il suo interesse per proporre attività educative di apprendimento.

5. La prima fase del progetto: apprendimento tradizionale mediante l'Applied Behavior Analysis

La metodologia di apprendimento utilizzata dall'équipe educativa che segue la bambina è l'Applied Behavior Analysis (nota come ABA). Si tratta di una «scienza devota alla comprensione e al miglioramento del comportamento umano» (Cooper, 2007). In particolare, l'ABA focalizza la sua attenzione sui comportamenti definiti in termini chiari ed oggettivi, oltre che considerati socialmente significativi; ha come obiettivo il miglioramento del comportamento in analisi dimostrando una chiara e trasparente relazione tra gli interventi e i cambiamenti comportamentali. Ma ciò che rende l'ABA così valida, è l'idea che sia basata su un approccio scientifico, ovvero empirico, sperimentale, replicabile e che necessita di essere continuamente validato (Leaf, 2016). L'analisi del comportamento applicata prevede l'insegnamento sistematico e prolungato di piccole unità di comportamento che possono essere misurate. I compiti che il bambino deve apprendere sono suddivisi in brevi passaggi che vengono insegnati in modo ripetitivo e continuo fino a quando non sono acquisiti. L'intervento viene condotto facendo riferimento alle specifiche strategie centrate sul controllo degli stimoli, sul modellamento e sul rinforzo (Cottini, 2016).

6. Apprendere attraverso immagini con metodo ABA

Fino a poco prima dell'introduzione del robot nella terapia, la procedura di apprendimento utilizzata dall'équipe educativa prevedeva che i colori e le emozioni venissero acquisiti attraverso l'utilizzo di tessere rappresentanti immagini di diversi colori e stati emotivi. Si procede lavorando a tavolino in rapporto uno a uno, ponendo davanti alla bambina tre immagini e utilizzando come stimolo discriminativo il "Dammi". Si lavora utilizzando una procedura di correzione dell'errore, definita nell'ABA, *errorless teaching*: l'obiettivo è quello di prevenire l'errore fornendo il prompt (aiuto fisico, verbale) della risposta corretta. Nella terapia ABA, inoltre, è fondamentale la raccolta dei dati. Non è sufficiente, dunque, osservare ed interpretare l'andamento dell'attività. L'analisi del comportamento applicata è evidence based e, quindi, basata su dati oggettivi, empirici, osservabili. Nel linguaggio ABA la scheda di "presa dati" serve a documentare i comportamenti target scelti per l'apprendimento e, conseguentemente, a rappresentarli graficamente; in questo modo, consente di valutare se i risultati

7. La programmazione con Codey Rocky

Quando si lavora con un bambino con autismo è necessario avere un approccio multidisciplinare che punti l'attenzione su una serie di elementi tra cui:

- gli obiettivi a breve, medio e lungo termine;
- l'individualità del soggetto;
- la sua famiglia;
- l'approccio utilizzato;
- il monitoraggio dei risultati e la valutazione.

Codey Rocky è un piccolo robot realizzato dall'azienda cinese Makeblock: è stato concepito per i bambini a partire dai sei anni e somiglia molto a un piccolo animaletto domestico che si muove per la presenza di cingoli. Grazie alle sue dimensioni ridotte e a un software di programmazione grafica intuitivo, è possibile offrire anche ai più piccoli l'opportunità di muoversi nel mondo del coding. Nello specifico, Codey è una “testa” dotata di uno schermo, dei sensori e dei bottoni, mentre Rocky è un “corpo” che permette il movimento del robot, ma consente anche il riconoscimento di colori e linee (Palmieri, 2019). La programmazione del robot viene realizzata tramite l'utilizzo del software di programmazione mBlock che si basa sul linguaggio visuale di Scratch (Fig. 5).



Fig. 5 - Pagina di presentazione del software di programmazione mBlock

Ai fini del progetto, si è deciso di lavorare sulle emozioni associate ai colori affinché la bambina impari ad associare il colore all'emozione corrispondente giocando con Codey Rocky e poi verbalizzi quanto appreso. Nello specifico, sfruttando la programmazione con blocchi colorati, ad ogni emozione è associato un colore, una diversa espressione degli occhi del robot, un suono e un movimento.

L'obiettivo è quello di creare con il robot una rappresentazione verosimile dei comportamenti che i soggetti umani svolgono quando provano un'emozione. Per questa ragione, ciascuna emozione è stata programmata insieme alla bambina dopo aver visualizzato e scelto le immagini che lei più facilmente associava ai diversi stati emotivi. Utilizzando mBlock, sono state realizzate (sfruttando i comandi dell'app), le espressioni facciali che risultavano di facile comprensione. Nello specifico, con la griglia di pixel presenti sul display, si è potuto costruire l'immagine degli occhi del robot e si è cercato di adattarli allo stato emotivo. Per la *gioia*, ad esempio, gli occhi del Codey Rocky sono tondi e grandi; per la *tristezza* dagli occhi scende una lacrima; per la *rabbia* gli occhi sono irati; per l'*amore* gli occhi sono a forma di cuore.

Ai comandi, inoltre, si è aggiunta la scelta di utilizzare delle note musicali capaci di creare una brevissima melodia associata a ciascun stato emotivo. Questa scelta è nata perché la bambina è appassionata di musica e, quindi, sarebbe stato più facile avvicinarla all'attività. Successivamente, si è stabilito che il robot si illuminasse di un colore differente a seconda dell'emozione presentata. Si è scelto di utilizzare il colore giallo per la gioia, il blu per la tristezza, il viola per la rabbia e il rosso per l'amore, in quanto convenzionalmente questi colori vengono attribuiti alle relative emozioni: questi comandi sono stati opportunamente inseriti nell'app di programmazione. Infine, si è deciso che per alcune emozioni il robot svolgesse movimenti differenti. Ad esempio, per la gioia, il robot ruota a sinistra di 360° e ripete il movimento due volte consecutive; per la rabbia Codey Rocky va indietro, si ferma e poi torna avanti per due volte; infine, per l'amore il robot ruota a destra e poi a sinistra di 60°. Questi movimenti sono stati impostati al fine di dare un rimando maggiormente realistico e incarnato delle emozioni visualizzate. È possibile osservare visivamente la programmazione realizzata con il linguaggio mBlock per le quattro emozioni in Fig. 6.

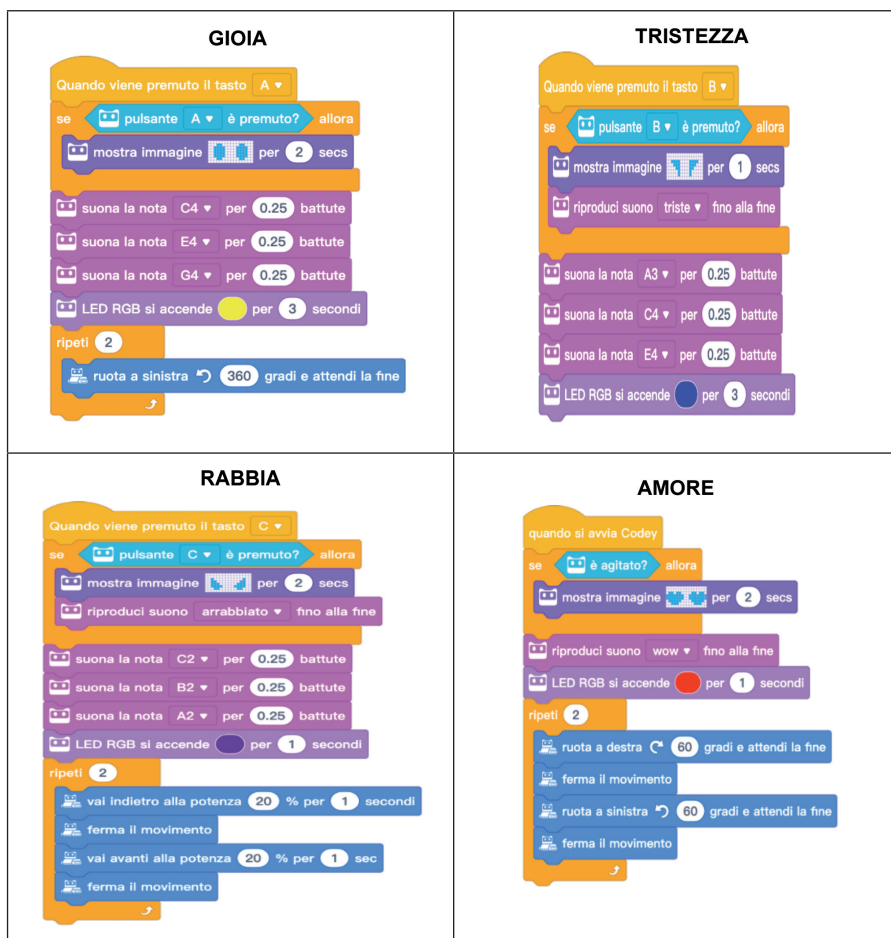


Fig. 6 - Programmazione delle emozioni realizzata con linguaggio mBlock

8. La seconda fase del progetto: introduzione del Codey Rocky nella terapia

La sperimentazione ha previsto l'introduzione del robot Codey Rocky nella terapia: i risultati ottenuti sono stati molto soddisfacenti. Il progetto è stato articolato in fasi diverse di lavoro. In un primo momento, si è lasciato che la bambina potesse sperimentare in autonomia il robot al fine di prenderne maggiore confidenza. Le si è, dunque, dato modo di abituarsi gradualmente all'utilizzo del nuovo strumento per massimizzarne le possibilità di apprendimento. Questa fase di lavoro è definita *pairing* e viene

utilizzata per consentire all'operatore di costruire una relazione positiva con il bambino. «Il pairing si basa sul principio sperimentale che presentando ripetutamente due stimoli, in contiguità temporale, quello più importante trasferisce la sua funzione sull'altro: la piacevolezza dell'attività di gioco si trasferisce pian piano sulla figura dell'operatore [...] Durante il pairing l'operatore consegna giochi ed attività graditi al bambino, mostra nuove modalità di gioco, sorride ed utilizza espressioni positive, senza porre richieste al bambino» (abautismo.it, 2021). In un secondo momento si è lavorato presentando sul tablet l'immagine dell'emozione da acquisire. Il compito della bambina è stato quello di selezionare su Codey Rocky l'emozione premendo il pulsante corretto: dopo aver osservato suoni e movimenti del robot, ha avvicinato il cartoncino con il colore corretto (Fig. 7) e, infine, ha verbalizzato e trascritto sul foglio il nome dell'emozione presentata (Fig. 8).



Fig. 7 - La bambina vede l'immagine della ragazza arrabbiata presentata sul tablet. Preme sul robot il tasto relativo all'emozione della rabbia (lettera "C"), osserva il suono e i movimenti del robot e posiziona il cartoncino colorato (viola) vicino al robot



Fig. 8 - La bambina riconosce il sentimento dell'amore e lo trascrive sul foglio

Utena B. / VALUTAZIONE IN ITINERE

OBIETTIVO	DISCRIMINAZIONE EMOZIONI / SENTIMENTI																								
MATERIALE	IMMAGINI CON PERSONE CHE ESPRIMONO EMOZIONI DIVERSE																								
ATTIVITA'	- PRESENTAZIONE DI UN'IMMAGINE sol: "COME STA?"																								
DATA INTRODUZIONE	18/05/2020																								
CRITERIO ACQUISIZIONE	TRE SESSIONI CONSECUTIVE AL 90%.																								
Items	16/5	19/5	20/5	25/5	26/5	27/5	28/5	29/5	30/5	31/5	1/6	2/6	3/6	4/6	5/6	6/6	7/6	8/6	9/6	10/6	11/6	12/6	13/6	14/6	15/6
(1) GIOIA	-	-	P	-	+	+	P	-	P	+	-	+	+	P	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	P	P	+	-	P	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	+	+	+	+	P	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	25/7	25/7	26/7	25/7	25/7	26/7	26/7	26/7	25/7	26/7	26/7	25/7	26/7	25/7	26/7	26/7	26/7	26/7	26/7	26/7	26/7	26/7	26/7	26/7	
(2) TRISTEZZA	P	+	-	+	-	+	P	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	P	-	P	+	P	+	+	P	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	-	-	P	+	+	-	+	+	+	+	P	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	+	P	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	25/7	25/7	25/7	25/7	25/7	25/7	25/7	25/7	25/7	25/7	25/7	25/7	25/7	25/7	25/7	25/7	25/7	25/7	25/7	25/7	25/7	25/7	25/7	25/7	
(3) RABBIA	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	+	+	P	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	+	+	+	+	P	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	25/7	25/7	25/7	25/7	25/7	25/7	25/7	25/7	25/7	25/7	25/7	25/7	25/7	25/7	25/7	25/7	25/7	25/7	25/7	25/7	25/7	25/7	25/7	25/7	
(4) AMORE	-	P	-	P	+	+	+	P	+	P	+	P	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	-	P	P	P	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	-	P	P	+	+	-	P	+	+	+	+	P	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	-	P	+	-	P	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	07/7	07/7	07/7	07/7	07/7	07/7	07/7	07/7	07/7	07/7	07/7	07/7	07/7	07/7	07/7	07/7	07/7	07/7	07/7	07/7	07/7	07/7	07/7	07/7	

Fig. 10 - Scheda di presa dati ABA sulla discriminazione delle emozioni con l'utilizzo del robot Codey Rocky

metodo di insegnamento tradizionale, il robot Codey Rocky ha accelerato e favorito il processo di apprendimento dei colori viola e giallo. In particolare, la corretta ed autonoma discriminazione del colore giallo è avvenuta dopo circa un mese dall'introduzione del robot nella terapia, mentre il viola ha richiesto tempi di apprendimento più lunghi risultando acquisito dopo quattro mesi dall'inizio della sperimentazione. Quanto alle emozioni, invece, i risultati ottenuti sono ben visibili nella Fig. 10. La prima emozione che, dopo circa un mese di lavoro con Codey Rocky è stata acquisita, è la rabbia. Seguono la tristezza e la gioia che hanno richiesto tempi più lunghi di lavoro per permettere alla bambina di raggiungere un'autonoma discriminazione. Infine, l'ultimo ad essere stato appreso è il riconoscimento del sentimento dell'amore che ha richiesto tre mesi di lavoro costante prima che la bambina raggiungesse il criterio di acquisizione stabilito all'inizio della sperimentazione. Si può, pertanto, affermare che l'unione tra metodologia ABA e robotica, in questo studio di caso, si è rivelata significativa

e ha consentito il raggiungimento della discriminazione dei colori e delle emozioni previsti all'inizio di questa sperimentazione.

10. Conclusioni

Il presente lavoro ha mostrato le potenzialità che la terapia con l'uso del robot può avere nell'ambito dei disturbi del neurosviluppo. Attraverso Codey Rocky (che possiede caratteristiche tali da poter essere definito social robot) l'insegnante, il terapeuta o l'educatore hanno a disposizione un mezzo per entrare in contatto con l'alunno in modo semplice ed efficace. La capacità del robot di suscitare curiosità e produrre ripetutamente comportamenti sociali semplici e isolati, la possibilità di poterlo programmare e adattare in modo che il bambino riceva un trattamento personalizzato, fa sì che la robotica educativa possa essere considerata un valido strumento di lavoro per i Disturbi dello Spettro Autistico. Probabilmente, nel prossimo futuro, le nuove tecnologie avranno un ruolo sempre maggiore nella didattica, sia degli studenti neurotipici, sia per quelli neurodiversi. In questo, i robot potranno essere utilizzati come strumenti atti a favorire l'inclusione didattica e sociale.

I risultati raggiunti al termine della sperimentazione sono davvero promettenti. Quello che emerge chiaramente è il fatto che Codey Rocky, essendo stato percepito come un gioco, ha evitato quei comportamenti di fuga che la bambina generalmente metteva in atto quando le venivano fatte richieste considerate faticose e difficili a livello cognitivo. In tal senso, a partire da questa sperimentazione, il robot verrà utilizzato per lavorare anche su altri apprendimenti. Non è un caso che la stessa famiglia abbia acquistato un Codey Rocky da dare alla bambina anche quando si trova in momenti di svago.

Sulla base di questo studio di caso si può inoltre ipotizzare che la robotica possa avere non solo una valenza educativa ma anche riabilitativa, come dimostrato anche da recenti ricerche in questo ambito; in tal senso può essere importante come mezzo per favorire gli apprendimenti in studenti con bisogni educativi speciali. Solo quando i bambini si sentono partecipi nel produrre qualcosa di significativo, allora possono apprendere davvero. La conoscenza, pertanto, deve essere costruita. E in questo il robot può svolgere un ruolo fondamentale.

Bibliografia e sitografia

- Brignone S., Denicolai L., Grimaldi R., Palmieri S. *et al.* (2019), “Il robot come strumento e veicolo di ‘esperienza aumentata’”, *Didamatica*.
- Cooper J.O., Heron T.E., Heward W. (2007), *Applied behavior analysis*, Prantice Hall, New Jersey.
- Cottini L., Vivanti G. (2016), *Autismo: come e cosa fare con bambini e ragazzi a scuola*, Giunti, Firenze.
- Fachantidis N., Syriopoulou-Delli C., Zygopoulou M. (2018), “The effectiveness of socially assistive robotics in children with ASD”, *International Journal of Developmental Disabilities*.
- Grimaldi R., a cura di (2022), *La società dei robot*, Mondadori, Milano.
- Laturra L. (2020/21), *Colori, emozioni e parole: un’esperienza di robotica educativa per una bambina con Disturbo dello Spettro Autistico*, Tesi di Laurea in Scienze Pedagogiche LM-85, Università degli Studi di Torino, relatore prof. Renato Grimaldi.
- Leaf J.B., Leaf R., Mceachin J., Taubman M., Ala’ I-Rosales S., Ross R.K. (2016), “Applied Behavior Analysis is a science and, therefore, progressive”, *Journal of Autism and Developmental Disorders*.
- Pennazio V., Fedeli L. (2019), “Robotics, 3D virtual worlds and social stories. A proposal for Autism Spectrum Disorder”, *Form@re*, vol. 19, n. 1.
- Vivanet G. (2014), “Che cosa sappiamo sull’efficacia delle tecnologie didattiche con soggetti con disturbo dello spettro autistico?”, *Form@re*, vol. 14, n. 4, www.abautismo.it, ultima visita ottobre 2021.

8. La robotica educativa per prevenire bullismo e cyberbullismo

di Maria Adelaide Gallina*

1. Robotica emozionale e robotica sociale

Il potenziale dell'Intelligenza Artificiale e dei robot potrà rimodellare il nostro futuro e riguarderà in maniera significativa diversi settori della vita, tra cui i processi di insegnamento/apprendimento.

Diversi sono i campi di applicazione dei robot anche nell'ambito educativo-sociale e il loro uso sta potenziando la didattica e trasformando i percorsi formativi anche per promuovere competenze sociali per prevenire comportamenti devianti. A questo proposito la scuola può fare la sua parte contro il bullismo e il cyberbullismo grazie anche all'innovazione tecnologica: la robotica educativa può diventare uno strumento di prevenzione di atti prevaricatori lavorando su aspetti che potenziano una comunicazione efficace per sviluppare la collaborazione e la coesione nel gruppo classe.

La robotica educativa rafforza la componente metacognitiva, in quanto il comportamento del robot lascia un feedback concreto rispetto all'attività che è stata svolta dal bambino/a che diventa consapevole delle proprie capacità, ma anche dei propri limiti (Leoni, Masini, 2018).

L'attività con i robot porta ad affinare il lavoro di squadra, promuovendo una collaborazione di gruppo tra i membri valorizzando il ruolo del gruppo dei pari per l'elaborazione dei comportamenti e dei processi emozionali (Rivoltella, 2019). Si parla infatti di *peer learning* o di *peer education* per valorizzare il ruolo del gruppo dei pari come contesto di elaborazione dei comportamenti che possono anche riguardare situazioni di bullismo e cyberbullismo. La robotica è un'attività interdisciplinare, di conseguenza, spetterà innanzitutto all'insegnante il compito di porre

* Professoressa associata in Sociologia generale presso il Dipartimento di Filosofia e Scienze dell'Educazione, Università degli Studi di Torino.

l'alunno/a nella condizione di applicarla all'interno dell'attività che sta svolgendo, in modo che ne divenga consapevole.

Tutte le potenzialità insite nella robotica hanno ritrovato nell'ambiente scolastico il luogo adatto per le proprie applicazioni, nonostante le criticità incontrate che possono riguardare la difficoltà nel riuscire a conciliare programmi d'insegnamento con le richieste della ricerca scientifica di gruppi di controllo, di una standardizzazione delle attività e di un processo di valutazione psicometrico in entrata e uscita di attività svolte con la robotica educativa (Leoni, Masini, 2018).

Parlando di robot, non si può non parlare della robotica delle emozioni, dove risulta opportuno far comprendere ai robot le emozioni degli umani e lavorare con l'empatia, in modo che possano sviluppare questa capacità percependo emozioni e pensieri. Nel film *L'uomo bicentenario* Robin Williams interpreta la parte di un robot che riprogetta i suoi stessi circuiti in modo da poter provare sensazioni alla pari di un essere umano. La capacità di provare emozioni è spesso considerata come una delle principali differenze tra gli umani e le macchine. Sarebbe quindi un traguardo importante quello di poter far provare emozioni a una macchina e di darle la capacità di riconoscere le espressioni facciali.

A questo proposito Rossi e Siciliano (2022) affermano che dal punto di vista della progettazione di un sistema robotico, la possibilità di poter simulare un comportamento sociale, in base alle reazioni percepite durante l'interazione, assume un ruolo fondamentale nel rafforzare la possibilità di relazionarsi con l'umano.

Il sistema di controllo di un robot può essere intenzionalmente progettato per evocare una risposta sociale da parte dell'uomo attraverso l'utilizzo di emozioni simulate o linguaggio del corpo. L'importanza della dimensione affettiva nell'interazione uomo-robot richiede un riconoscimento preciso degli stati emotivi della persona come l'analisi del tono e della frequenza della voce o il movimento dei muscoli facciali e l'analisi del contenuto emotivo e affettivo delle parole pronunciate. Come affermano Paul Dumouchet e Luisa Damiano nel testo *Vivere con i Robot. Saggio sull'empatia artificiale* (2019) la creazione di robot empatici, si basa su un tipo di ricerca che racchiude diverse discipline, basata su conoscenze molto diverse dall'arte, alle scienze naturali, passando anche per le scienze cognitive. La ricerca di base focalizza l'attenzione sulla produzione e il riconoscimento di espressioni affettive e su fattori che favoriscono l'antropomorfismo, ossia una tendenza spontanea ad attribuire emozioni, credenze e altri stati mentali tipicamente umani. Questa visione dell'antropomorfismo vuole che si instauri una relazione di empatia e familiarità tra i vari interlocutori che questi siano robot o umani. Da qui si ipotizza, e si

inizia a studiare, uno degli elementi principali della robotica esterna delle emozioni che osserva e ricostruisce alcune condizioni di attivazione mediante la corporeità e i movimenti che vengono compiuti autonomamente dai robot, dotandoli di capacità di dialogo che spaziano dalla simulazione alla conversazione. Ana Paiva dell'Università di Lisbona e coordinatrice del Gaips - "Gruppo di agenti intelligenti e sociali" (2014) sostiene che una parte significativa del lavoro effettuato sul comportamento emozionale dei robot è orientata dal fatto che comportamenti semplici possono ingannarci portandoci a percepire i robot come se avessero emozioni quando esse non sono esplicitamente modellizzate ma appaiono come un effetto emergente di specifici pattern di comportamento. I robot possono agire come se avessero paura o come se fossero aggressivi, ma in realtà non hanno stati interni equivalenti alla paura o alla rabbia e non c'è nessun meccanismo o modulo che abbia la funzione di produrre emozioni. Sempre Dumouchel e Damiano (2019) sostengono che questi agenti robotici agiscono come se avessero emozioni e come se stessero provando empatia, ma mancano della dimensione interna. La robotica delle emozioni si occupa proprio di agenti robotici per assistere gli anziani oppure per uso ospedaliero utilizzati come supporto al personale infermieristico e medico ma anche come mediatori robotici da inserire in contesti educativi e terapeutici.

I robot sociali sono quindi dotati di caratteristiche simili a quelle umane in grado di comunicare con dialoghi di alto livello, di percepire ed esprimere emozioni usando segnali come ad esempio espressioni facciali e come abbiamo visto perfino di imparare o di sviluppare competenze sociali. Sebbene ancora non esista uno standard sulla robotica sociale o da compagnia sono numerose le ricerche scientifiche in questo settore (Dario *et al.*, 2011).

A questo proposito Salvini (2019) riprendendo l'Organizzazione Internazionale degli Standard (Iso) definisce i robot per l'assistenza personale come: «robot che tipicamente eseguono compiti per migliorare la qualità della vita degli utenti, indipendentemente dall'età o dalle capacità, escluse le applicazioni mediche» (Iso, 2014, p. 1). Il possesso di capacità sociali sta diventando sempre più un aspetto determinante per il successo dei robot: stiamo assistendo a una terza rivoluzione, quella socio-emozionale, che riguarda la riproduzione delle capacità sociali degli esseri umani, incluse quelle emotive, attraverso tecnologie che sono in grado di replicare fedelmente l'aspetto e il comportamento umano e di rilevare lo stato emotivo delle persone per permettere al robot di fornire una risposta adeguata all'umore della persona con cui sta interagendo. Un elevato interesse affettivo tra robot e umani è basato sul riconoscimento delle emozioni e gli scambi emozionali che permettono ai robot di avere un'accettazione sociale. Qui vi

è una difficoltà per i robot nell'interpretazione appropriata delle manifestazioni affettive dei loro interlocutori umani e nel rispondere a loro nel modo più adeguato. La condizione che determina il successo degli agenti robotici nel contesto sociale, è la capacità, da parte di questi, di stabilire delle relazioni empatiche con gli umani.

Ma come si attivano le emozioni nella mente dei robot? Dumouchel e Damiano (2019) ci aiutano a riflettere sul fatto che in molti sistemi, il comportamento empatico del robot è guidato solo dall'emozione riconosciuta nell'utente e deve eseguire degli obiettivi empatici fornendo un feedback positivo sul comportamento del soggetto in interazione. Ovviamente costruire agenti artificiali in grado di svolgere il ruolo di partner sociali per agenti umani non è solo un'avventura tecnologica ma anche della mente e della socialità.

Una piattaforma robotica che, per esempio, cerchi in una scuola di riprodurre caratteristiche essenziali della relazionalità sociale e umana, con l'obiettivo di prevenire comportamenti antisociali, dovrà considerare non solo i robot, ma anche gli insegnanti, gli educatori, gli studenti/sse, i tratti caratteristici e le qualità delle relazioni sociali coinvolte.

2. Prevenire comportamenti antisociali con l'interazione bambino/a-robot

On-line o off-line il fenomeno del bullismo emerge più facilmente all'interno di contesti scolastici, per diffondersi poi in quelli virtuali. Occorre quindi rimarcare quanto l'istituzione scolastica debba intervenire anche per supportare gli insegnanti nel cogliere le dinamiche relazionali presenti nella classe e il senso di appartenenza di allievi/e. Questo è possibile anche sviluppando le competenze chiave europee tra cui quella di essere in grado di interagire efficacemente con dispositivi di intelligenza artificiale o robot, considerato che potrebbero avere benefici e vantaggi importanti per lo sviluppo delle competenze emotive.

A questo proposito si osserva che molti studi sul fenomeno del bullismo/cyberbullismo individuano una connessione tra competenza emotiva e abilità sociali. Nello specifico, si riscontra un'associazione tra scarse capacità emotive e problemi di socializzazione, i quali ultimi si possono esternare in comportamenti che, in parecchie situazioni, sfociano in forme di bullismo (Trentacosta, Fine, 2010).

Anche gli studi sull'empatia sottolineano come il fatto di conoscere e gestire adeguatamente le emozioni costituisca un'abilità essenziale per sviluppare le competenze sociali. Gini, Albiero, Benelli e Altoè (2007)

mostrano infatti come buoni livelli di empatia siano direttamente connessi con ruoli altruistici e inversamente con ruoli aggressivi. Bullo e vittima sono quindi accomunati da capacità “maladattive” di rapportarsi con gli altri ed entrambe le figure sono carenti di competenza emotiva. Si può quindi affermare che comportarsi da bullo o risultare una vittima dipende dallo sviluppo della competenza emotiva e/o dalla capacità di provare empatia? Per rispondere a questo interrogativo è necessario richiamare il concetto di alessitimia, che può essere considerata come l’opposto dell’empatia. Se un soggetto empatico è anche consapevole e in sintonia con le proprie e altrui emozioni, al contrario il fatto di essere una persona alessitimica implica l’impossibilità o l’incapacità di percepire le emozioni (Maino, 2012). L’incapacità di elaborare i propri stati mentali e di regolare le emozioni può far sì che i soggetti alessitimici reagiscano a situazioni dolorose o di stress con comportamenti impulsivi o compulsivi (Caretti, La Barbera, 2005).

La capacità di riconoscere le emozioni degli altri e di attribuirvi un significato dipende dall’attività di particolari cellule nervose: i neuroni specchio (Rizzolatti, Sinigaglia, 2006). Interessanti sono i recenti studi neuroscientifici che ipotizzano un rapporto tra il cyberbullismo e l’alterazione del sistema neuroni specchio. L’ipotesi è che gli adolescenti, trascorrendo molto tempo nel cyberspazio, possano perdere la capacità di attivare e allenare il “meccanismo specchio”. Con la diminuzione dei contatti con cui si interagisce direttamente con l’altro sembrerebbe che i giovani postmoderni manifestino maggiori difficoltà nel riconoscere le emozioni e nel provare empatia (Guest, 2018).

Negli studi di Renati, Berrone e Zanetti (2012) si riscontra infatti che i cyberbulli hanno una minor responsività empatica rispetto ai loro coetanei. La mancanza di relazione diretta tra cyberbullo e cybervittima, che impedisce un contatto empatico, sembrerebbe il motivo che permette di compiere violenze così dure. È essenziale quindi che i ragazzi/e vengano maggiormente coinvolti in attività sociali che permettano loro di allenare le capacità empatiche, così da sviluppare le connessioni cerebrali alla base di tale abilità. Studi recenti mettono in evidenza alcune caratteristiche di efficacia degli interventi che possono essere attuati per prevenire e contrastare il fenomeno in ambito scolastico. Appare infatti rilevante il ruolo degli studenti/sse, sia come attori delle azioni educative (*peer education*), sia come soggetti in grado di offrire un punto di vista privilegiato, utile a identificare le potenzialità e le criticità degli interventi proposti. Utile strumento di prevenzione del fenomeno potrebbe essere anche la robotica educativa che si presenta come un mezzo inclusivo per definizione e che permette la creazione di un ambiente di apprendimento e socializzazione estremamente affascinante per gli studenti/sse a partire dalla scuola dell’infanzia a quella

della scuola secondaria di secondo grado. Ma come si possono prevenire forme di bullismo e cyberbullismo attraverso la robotica educativa? I robot offrono la possibilità di lavorare su progetti che vanno a potenziare le competenze relazionali e sociali legate alla collaborazione, all'empatia, al rispetto, indispensabili per prevenire comportamenti antisociali. Gli studenti/sse, per esempio, possono essere coinvolti in percorsi alternativi di conoscenza che richiedono di saper lavorare in gruppo e di collaborare per costruire percorsi di programmazione dei robot sul riconoscimento delle emozioni mettendo in gioco le proprie e altrui capacità, riflettendo anche sulle dinamiche comportamentali disfunzionali che potrebbero verificarsi tra il bullo e la vittima superando eventuali pregiudizi o resistenze relazionali. Al contempo preparare materiali mirati a sottolineare la gravità degli atti di bullismo per favorire la consapevolezza degli effetti a lungo e medio tempo di determinati comportamenti. Si insegneranno agli studenti della scuola primaria e secondaria un modello di condivisione online che vada al di là dei semplici post sui social network, associandovi la possibilità di condividere i lavori scolastici, la propria creatività, e materiali replicabili e riutilizzabili. La robotica diventa quindi uno strumento che rafforza i rapporti all'interno di un gruppo classe lavorando su valori pro-sociali per far esprimere gli studenti/sse con forme di comunicazione efficace (Edscuola, 2017).

3. Esperienze di apprendimento per prevenire il bullismo e il cyberbullismo attraverso l'uso della robotica educativa

Sviluppare la competenza emotiva in ambito educativo attraverso i robot permette agli studenti/sse di sviluppare, oltre ad abilità di programmazione didattica, anche capacità di pensiero computazionale e critico per risolvere problemi e analizzare le relazioni tra causa-effetto che possono riguardare anche la problematica relativa al fenomeno del bullismo/cyberbullismo.

Molteplici sono le esperienze che si stanno attuando grazie alla robotica educativa: un progetto interessante è presentato da Luisa Dicitore (2021) e riguarda un'esperienza di apprendimento per lo sviluppo di nuove forme di comunicazione, intrattenimento e socializzazione utili a contrastare il fenomeno del bullismo. Tale attività didattica si è svolta presso la Direzione Didattica di Bastia Umbra che ha aderito al progetto "Scuola Amica" dell'Unicef ed ogni anno cerca di approfondire le diverse proposte educative con progetti e laboratori dedicati alla robotica. Il progetto *No al*

bullismo con la Robotica Educativa nasce dalla volontà di affrontare il tema del bullismo con i bambini della scuola dell'infanzia. È stato predisposto un vero e proprio laboratorio, un luogo del fare, dove i bambini/e, con modalità organizzative differenti hanno creato griglie, personaggi, scenografie, ecc. I bambini/e hanno appreso spontaneamente interagendo con l'ambiente e sono stati coinvolti fattivamente nel conseguimento di obiettivi conosciuti e condivisi. Il "problema" del bullismo è stato reso interessante al punto da sollecitare gli alunni a farsene carico. In questo è stato fondamentale l'utilizzo sia del BeeBot (robot educativo a forma di ape) che di alcune App che hanno permesso una ricostruzione dinamica e attiva di una situazione legata al bullismo. Durante tutto il progetto è stata data una importanza assoluta alla dimensione dialogica. In tutte le fasi i bambini/e sono stati invitati a raccontare ciò che stavano facendo e quali erano le emozioni provate.

Robotics versus Bullying è invece un progetto *Erasmus + KA3 - Support for Policy Reform* approvato dalla Commissione Europea che ha la finalità di prevenire il bullismo sin dai primi anni di scuola proponendo strategie educative pedagogiche innovative, basate sull'uso della robotica in modo cooperativo in un ambiente co-costruttivista. Il progetto si propone di operare formando gli insegnanti con corsi che miglioreranno le loro competenze digitali e forniranno loro la capacità di strutturare attività interdisciplinari utilizzando robot e ICT per prevenire il bullismo e promuovere l'inclusione. Le attività che gli insegnanti svilupperanno si basano sull'apprendimento cooperativo prossimale utilizzato in modo non formale e basato sul gioco. La partnership, quindi, svilupperà moduli formativi, partendo da una base psico-pedagogica, rivolti agli insegnanti al fine di migliorare le loro competenze nella creazione di attività robotiche come strumento principale per instillare nei bambini/e la protezione di sé/gruppo come un atteggiamento anti-bullismo. Al fine di ottenere un impatto efficace, i partner del progetto lavoreranno sia a livello di base che a livello decisionale, rivolgendosi direttamente agli insegnanti e alle scuole durante una fase pilota e alle istituzioni (università, centri di formazione e responsabili politici) con raccomandazioni specifiche e programmi di formazione.

L'obiettivo finale della partnership è creare una rete internazionale di istituzioni impegnate nella prevenzione del bullismo attraverso mezzi innovativi. La finalità è quella di promuovere approcci innovativi e interdisciplinari per rafforzare il senso di appartenenza e diminuire il rischio di atteggiamenti di prevaricazione e allo stesso tempo formare gli studenti/sse in aree di relazioni positive e costruttive (cfr. Erasmus + Project KA3).

4. Conclusioni

Considerando gli effetti della digitalizzazione per lo sviluppo delle società contemporanee emerge sempre di più la necessità di un adeguamento anche da parte del sistema educativo partendo dal presupposto che bambini/e e adolescenti utilizzano le tecnologie digitali in misura sempre maggiore. Ovviamente, con queste trasformazioni tecnologiche vi è il rischio di generare o rafforzare disuguaglianze tra gruppi sociali laddove non dovessero garantirsi condizioni di accesso analoghe per tutti. L'intelligenza artificiale e la robotica pongono una gamma di interrogativi sociali, pedagogici, pratici, etici e anche di sfide di giustizia sociale per affrontare i cambiamenti dei processi educativi (Cox, 2021). Queste tecnologie saranno sempre più strumenti per supportare gli insegnanti, per personalizzare esperienze di apprendimento monitorando dati relativi alla dimensione emozionale degli studenti/sse, per supportare l'apprendimento di abilità comunicative efficaci, per riconoscere e prevenire i fattori che incidono sui comportamenti a rischio, quali atti di bullismo e cyberbullismo, e che potrebbero condizionare in modo decisivo le esperienze di vita futura di studenti/sse. A questo proposito un gruppo di ricercatori del Laboratorio di simulazione del comportamento e robotica educativa Luciano Gallino dell'Università degli Studi di Torino – coordinato da Renato Grimaldi – ha svolto nell'anno accademico 2020-2021 una ricerca sul *body shaming* (forma di bullismo che si manifesta attraverso comportamenti di derisione rivolti al peso corporeo e all'aspetto esteriore) somministrando 5.000 questionari a giovani del biennio della scuola secondaria di II grado (3.000 in Italia e 2.000 in Romania grazie al coinvolgimento di Cristina Ispas dell'Università Babes-Bovai). Sulla base dei risultati di ricerca il gruppo di lavoro sta predisponendo con i suoi robot (in particolare i social robot Nao e Pepper) programmi di interazioni con soggetti che potrebbero essere a rischio di *body shaming* anche attraverso forme di cyberbullismo.

Ecco che l'uso della robotica e dell'intelligenza artificiale può essere a tutti gli effetti collocato all'interno di uno scenario più ampio che riguarda modalità e nuovi percorsi di alfabetizzazione.

Kandlhofer, Steinbauer, Hirschmugl-Gaisch e Huber (2016), a questo proposito, utilizzando un'analogia con lo sviluppo dell'alfabetizzazione classica (lettura/scrittura), propongono percorsi di alfabetizzazione all'intelligenza artificiale e alla robotica rivolti a insegnanti che operano a diversi livelli di istruzione, con l'obiettivo di promuovere l'uso di tali tecnologie per diverse fasce d'età e per diversi livelli di istruzione.

Bibliografia

- Caretti V., La Barbera D. (2005), *Alessitimia. Valutazione e trattamento*, Astrolabio Ubaldini, Roma.
- Cox A.M. (2021), “Exploring the impact of Artificial Intelligence and robots on higher education through literature-based design fctions”, *International journal of Educational*, 18, 3, pp. 2-19.
- Dario P., Verschure P., Prescott T., Cheng G., Sandini G., Cingolani R., AlbuSchaffer A. (2011), “Robot companions for citizens”, *Procedia Computer Science*, 7, pp. 47-51.
- Dicitore L. (2021), “La robotica educativa: un’esperienza di apprendimento per lo sviluppo di nuove forme di comunicazione, intrattenimento e socializzazione utili a contrastare il fenomeno del bullismo”, in Bozzi G., Zecca L., Datteri E., a cura di, *Interazione bambini-robot riflessioni teoriche, risultati sperimentali, esperienze*, FrancoAngeli, Milano, pp. 342-353.
- Dumoucher P., Damiano L. (2019), *Vivere con i Robot. Saggio sull’empatia artificiale*, Raffaello Cortina, Milano.
- Edscuola (2017), *Robotica contro bullismo*, www.edscuola.eu/wordpress/?p=97581, ultima consultazione 07/08/2022.
- Erasmus+ Project KA3 (2020), *Robotics versus Bullying*, www.roboticavsbullismo.net/it, ultima consultazione 07/08/2022.
- Gini G., Albiero P., Benelli B., Altoè G. (2007), “Does Empathy Adolescents’ Bullying and Defending Behaviour?”, *Aggressive Behavior*, 33, pp. 467-476.
- Guest C. (2018), *Violenza online e cyberbullismo: un’ipotesi neuroscientifica e le prospettive di intervento*, www.stateofmind.it/2018/05/cyberbullismo-empatia.
- International Standard Organization (Iso) (2014), *Robots and robotic devices. Safety requirements for personal care robots*, www.iso.org/standard/53820.html, ultima consultazione 07/08/2022.
- Kandlhofer M., Steinbauer G., Hirschmugl-Gaisch S., Huber P. (2016), “Artificial intelligence and computer science in education: from kindergarten to university”, *Frontiers in education conference*, pp. 1-9.
- Leoni A.C., Masini T. (2018), *Robotica educativa. Percorsi didattici di apprendimento multidisciplinare di robotica educativa e coding a scuola*, Centro Leonardo Education, Genova.
- Maino E. (2012), *Alessitimia ed empatia*, <http://rolandociofi.blogspot.com/2012/05/alessitimia-ed-empatia-cura-della.html?view=classic>, ultima consultazione 07/08/2022.
- Paiva A., Leite I., Ribeiro T. (2014), “Emotion modeling for social robots”, in Calvo R., Sidney A., D’Mello K., Gratch J., Kappas A., a cura di, *Oxford Handbook of Affective Computing*, Oxford University Press, Oxford, pp. 296-308.
- Renati R., Berrone C., Zanetti M.A. (2012), “Morally Disengaged and Unemphatic: Do Cyberbullies Fit These Definition? An Exploratory Study”, *Cyberpsychology Behaviour and Social Networking*, 15, 8, pp. 391-398.

- Rivoltella P.C. (2019), “Coding e Robotica Educativa. Forme della Media Education?”, in *Pedagogika.it*, a. 23, n. 2, pp. 9-14.
- Rizzolatti G., Sinigaglia C. (2006), *So quel che fai. Il cervello che agisce e i neuroni specchio*, Raffaello Cortina, Milano.
- Rossi S., Siciliano B. (2022), “Robot, anziani e bambini: verso un’interazione che cura”, in Grimaldi R., a cura di, *La società dei Robot*, Mondadori, Firenze, pp. 113-122.
- Salvini P. (2019), “Le nuove sfide etiche della robotica. Robot sociali e pericoli psicologici”, *Form@re*, 19, 1, pp. 328-338.
- Trentacosta C.J., Fine S.E. (2010), “Emotion Knowledge, Social Competence, and Behaviour Problems in Childhood and Adolescence: A Meta-analytic Review”, *Social Development*, 19, pp. 1-29.

9. Robotica educativa e sviluppo delle competenze trasversali: una ricerca sul campo mediante il braccio robotico e.DO

di *Cristina Fasano, Chiara Orbisaglia e Renato Grimaldi*

Il rapido sviluppo della tecnologia che sta contraddistinguendo il XXI secolo ha trasformato il nostro modo di percepire e interagire con il mondo. Le ICT, tecnologie dell'informazione e della comunicazione, hanno visto una significativa accelerazione integrandosi in maniera sempre più importante con la vita quotidiana di tutti noi. In tale contesto, l'istituzione scolastica detiene un ruolo principale nella formazione ma, spesso, le pratiche di insegnamento risultano ancora non adeguate. L'impiego della tecnologia risulta dunque fondamentale fin dai primi livelli di istruzione; per raggiungere questo obiettivo diventa necessaria una trasformazione nelle strategie di insegnamento e apprendimento che permetta a ogni alunno di possedere una formazione, utile per rafforzare il pensiero computazionale e sviluppare competenze trasversali (Diaz-Lauzurica, Moreno-Salinas, 2019).

1. Innovare le pratiche di insegnamento con la robotica educativa

Una tra le più importanti applicazioni tecnologiche progettate per ambienti e scopi didattici è la robotica educativa, meglio nota come *educational robotics* (ER). Essa rappresenta un campo in espansione, capace di influenzare la natura dell'educazione a tutti i livelli, dalla scuola materna all'università, e implica l'uso di robot per sostenere e agevolare il percorso di apprendimento. L'acquisizione di informazioni non deve basarsi soltanto sul livello teorico, ma anche su quello concreto: lezioni pratiche possono aiutare gli studenti a raggiungere livelli più elevati e complessi di conoscenze, favorendo al contempo lo sviluppo di soft skills (Ronsivalle *et al.*, 2019; Ponticorvo *et al.*, 2020). L'idea di fondo suggerisce che la conoscenza sia costruita anziché scoperta e che l'apprendimento possa migliorare

quando gli alunni si sentono partecipi nel produrre qualcosa di significativo per sé. Manipolare uno strumento concreto, come un robot, dà la possibilità di pensare, creare e progettare, collaborando all'interno del gruppo (Bers *et al.*, 2014; Leonard *et al.*, 2016). ER aiuta dunque a promuovere la consapevolezza e le capacità metacognitive degli alunni stimolando lo sviluppo di competenze trasversali e di empowerment. Si tratta di uno strumento utile per sviluppare il pensiero computazionale in modo divertente e significativo, permettendo di trattare discipline anche differenti tra loro (Atmatzidou *et al.*, 2018; Ioannou, Makridou, 2018).

2. La robotica educativa come mezzo per favorire il potenziamento delle soft skills

L'utilizzo di ER in ambito educativo mira a favorire la curiosità scientifica e l'apprendimento dei concetti STEM da parte degli studenti, perché consente applicazioni reali degli argomenti di tecnologia e ingegneria, e rende meno astratte la scienza e la matematica. Parallelamente a ciò, la robotica educativa offre la possibilità di sviluppare le soft skills, promuovendo un insieme di abilità, come autonomia, collaborazione, responsabilità, risoluzione dei problemi, spirito di iniziativa e lavoro di squadra (Kim *et al.*, 2015; Ioannou, Makridou, 2018; Aris, Orcos, 2019). Tutto questo stimola negli alunni la motivazione, che è basilare per accrescere l'apprendimento e aumentare la fiducia in se stessi e, contemporaneamente, consente agli insegnanti di porsi degli obiettivi di potenziamento e di inclusione. In tal modo, si va gradualmente a creare un clima promettente, connotato da aiuto reciproco e collaborazione (Denicolai *et al.*, 2017).

3. Struttura e potenzialità di e.DO

Il braccio robotico e.DO (Foto 1) è stato progettato e realizzato nel 2017 da Comau¹. Si tratta di un robot educativo professionale con intelli-

1. Comau (COnsorzio MACchine Utensili) nasce nel 1970 e ha sede a Grugliasco (TO). Tale azienda è leader mondiale nel settore dell'automazione industriale; integrando innovative soluzioni ingegneristiche con tecnologie abilitanti e un'automazione "aperta" e semplice da utilizzare, supporta aziende di vario tipo a usufruire delle potenzialità del digital manufacturing. Comau realizza servizi, prodotti e sistemi in linea con l'Industria 4.0 e collabora a stretto contatto con studenti e insegnanti al fine di far progredire l'uso della robotica come strumento di apprendimento innovativo, a partire dalla piattaforma robotica e.DO. La competenza di Comau proviene da più di 45 anni di esperienza sul campo e dalla sua presenza, costante e significativa, nei principali paesi industrializzati (www.comau.com/it).

genza integrata open-source, interattivo e flessibile, che si ispira ai robot industriali e ne condivide tutte le caratteristiche, ovviamente in una dimensione ridotta. Il nome e.DO è acronimo di *Education Do*, cioè “fare educazione”. Questo robot è utilizzato come supporto tecnologico al servizio di una forma di apprendimento innovativa, inedita e coinvolgente, delle materie che si studiano tra i banchi di scuola. Dal punto di vista didattico, e.DO permette di stimolare la creatività e l’inclusione in quanto offre un percorso di apprendimento non convenzionale che consente di sperimentare direttamente sul campo e in maniera concreta le conoscenze e i contenuti appresi durante le lezioni frontali (www.comau.com/it/about-comau/company-profile).

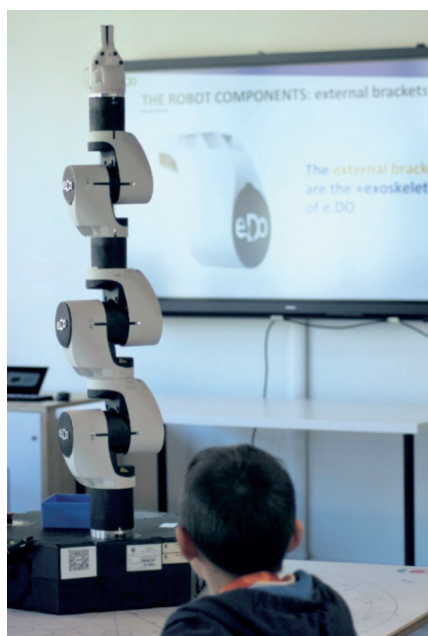


Foto 1 - Il braccio robotico educational e.DO di Comau in posizione Home [C. Orbisaglia]

Grazie a un approccio interdisciplinare, la *e.DO experience* si concentra soprattutto su materie STEM e permette di rafforzare aree di abilità e competenze fondamentali, cioè le cosiddette soft skills. Ciò mira a favorire la formazione delle basi per il futuro sviluppo professionale degli studenti. L’obiettivo è quello di collegare l’apprendimento disciplinare con le molteplici realtà del mondo, attraverso il metodo *Learning by doing*.

Le principali componenti del robot sono: 6 parti bianche, chiamate esostaffe, che fungono da struttura di supporto costituendo l'esoscheletro di e.DO; 6 assi motorizzati, denominati giunti, ognuno dei quali è in grado di ruotare su se stesso fino ad un massimo di 160°; trasduttori di posizione, che costituiscono degli Encoder incrementali presenti in ogni giunto; pinza, che rappresenta l'end effector di e.DO; unità di controllo, cioè il virtual brain del robot; pulsante di emergenza, ossia lo strumento necessario per bloccare immediatamente il funzionamento di e.DO in caso di pericolo. Inoltre, questo robot possiede un payload massimo di 1 kg ed è in grado di raccogliere qualsiasi oggetto ed eseguire ogni applicazione che rientri nei suoi parametri di velocità e payload: da semplici movimenti di *pick and place*, fino alla gestione di attività automatizzate (<https://edo.cloud/edo-experience>). Per muovere e.DO occorre avere a disposizione un tablet e, tramite l'*App e.DO*, è possibile sperimentare le diverse funzionalità del robot tramite le seguenti interfacce: *Homepage, Cargo, Logistics, Curve, Point, Progetti, Blockly, T-Block, Pick*.

4. Il Learning Lab Combo

Dal 2017 la Comau, in collaborazione con la Fondazione Agnelli, sta erogando esperienze nel Learning Lab *Combo* con e.DO per promuovere un apprendimento innovativo e interattivo. Finora gli studenti che hanno preso parte a questa iniziativa sono circa 7.600; sono di età compresa tra gli 8 e i 19 anni in quanto i bambini frequentanti le classi prima e seconda della scuola primaria (di 6 e 7 anni) non sono oggetto dell'attività di sperimentazione. Il Laboratorio si è svolto tra ottobre 2017 e febbraio 2020, seguendo il calendario scolastico; da marzo 2020 le attività presso il Lab *Combo* sono state sospese a causa dell'emergenza sanitaria Covid-19.

Al fine di valutare il lavoro svolto durante gli incontri e monitorare il Learning Lab *Combo*, la Comau ha realizzato un questionario, che è stato somministrato a ogni studente al termine delle attività, contenente le seguenti domande: *Quanto hai imparato? Quanto ti sei divertito? Il facilitatore è stato chiaro e competente? Il facilitatore è stato coinvolgente?* Il punteggio che si può attribuire a ciascuna domanda va da 1 a 4: 1 = per niente; 2 = poco; 3 = abbastanza; 4 = molto. A queste informazioni sono state aggiunte informazioni di contesto, quali: *nome della scuola, classe, grado di istruzione, comune di appartenenza della scuola, provincia di appartenenza della scuola, età teorica* (cioè l'età che gli alunni dovrebbero avere nelle classi che frequentano).

5. Le attività didattiche

Il Learning Lab *Combo* (Foto 2) ha al suo interno cinque e.DO posizionati su altrettanti tavoli di lavoro, al di sopra dei quali vi è una plancia raffigurante il piano cartesiano. Al fine di favorire un clima collaborativo, ciascuna classe viene suddivisa in cinque gruppi omogenei (composti da quattro o cinque studenti), identificati da un colore: Gruppo 1: giallo; Gruppo 2: arancione; Gruppo 3: rosso; Gruppo 4: verde; Gruppo 5: blu.



Foto 2 - Il Learning Lab Combo presso la Fondazione Agnelli di Torino [C. Orbisaglia]

Il layout del laboratorio è lo stesso per quanto riguarda la scuola primaria e la scuola secondaria di II grado: i cinque tavoli sono posizionati in modo da formare una semiellisse e, al di sopra di questi, si trovano i cinque e.DO. La disposizione dell'aula cambia per gli studenti della scuola secondaria di I grado: i robot utilizzati, che sono quattro e non più cinque, vengono posizionati in fondo all'aula su altrettanti tavoli, disposti in modo da creare uno spazio che assume la forma di un quadrato e, al suo interno, vengono svolte le attività. I restanti tavoli sono disposti su due file nella parte anteriore dell'aula, che viene utilizzata per la spiegazione teorica da parte del facilitatore.

In generale, l'organizzazione prevede la stessa "agenda" per tutti e tre i gradi di istruzione: introduzione alla robotica; attività didattiche con e.DO,

intervallate da una pausa di circa 15 minuti; verifica; feedback finali e saluti conclusivi.

Le attività didattiche che il laboratorio propone fanno riferimento ai seguenti tre moduli:

- *Robo-Abaco*, rivolto alla scuola primaria, si focalizza su argomenti di matematica, in particolare sulle proprietà delle operazioni, le equivalenze e i concetti di tara, peso netto e peso lordo;
- *Robo-Coop*, orientato alla scuola secondaria di I grado, affronta argomenti di tecnologia, ponendo maggiore attenzione al metodo scientifico e ai modelli di produzione (in serie e in parallelo);
- *Robo-Cartesio*, dedicato alla scuola secondaria di II grado, riguarda temi di matematica con qualche sconfinamento nella fisica e nell'economia; tra i principali argomenti affrontati è possibile individuare la geometria cartesiana, il concetto di densità e il piano economico.

Tutte le attività proposte sono calate all'interno di una metafora ecologica, declinata a seconda del modulo cui si fa riferimento. Tutte le proposte sono accomunate da una parte iniziale introduttiva sulla robotica, durante la quale gli studenti possono riflettere sulla terminologia, sull'utilizzo e sulle funzionalità dei robot. Prima di addentrarsi negli esercizi veri e propri, agli alunni viene data la possibilità di prendere confidenza con il robot, provando a metterlo in moto con la movimentazione libera attraverso l'utilizzo dell'*App e.DO* installata nel tablet connesso al robot. Un ulteriore momento comune ai tre moduli è la verifica finale che viene svolta al termine delle attività, con l'obiettivo di valutare il livello di attenzione e di conoscenze apprese dalla classe durante il laboratorio didattico. Anche quest'ultima attività viene svolta usando il tablet, con l'applicazione *Kahoot!*

6. Robo-Abaco: la matematica per la scuola primaria

Robo-Abaco è il modulo progettato per la scuola primaria (Foto 3); composto da quattro attività, tre sono incentrate sulla matematica. Dopo un'introduzione al mondo della robotica, la prima attività consiste nel montaggio di e.DO (10 minuti). In un secondo momento, viene richiesto agli studenti di posizionare cilindri e gomme di altezze diverse sul piano cartesiano per preparare metaforicamente un'officina, che nel concreto è il loro piano di lavoro. In seguito, viene richiesto di creare una pila di gomme dall'altezza di 63 cm; le gomme devono essere poi caricate con e.DO sul camion, che in realtà è un piccolo contenitore, per portarle all'isola ecologica (cioè un tavolo posizionato vicino al facilitatore). Al termine, devono costruire un'altra pila di gomme alta 126 cm da caricare sul camion,

evitando di colpire un ponte alto 127 cm, durante il passaggio per andare all'isola ecologica. L'ultimo esercizio consiste nel caricare gomme di vario peso sul camion per portare sulla bilancia dell'isola ecologica un peso x , dato di volta in volta dal facilitatore.



Foto 3 - Attività Robo-Abaco [C. Orbisaglia]

7. Robo-Coop: la tecnologia per la scuola secondaria di I grado

Robo-Coop è il modulo creato per la scuola secondaria di I grado (Foto 4) e prevede tre attività, di cui due di tecnologia. A seguito di un'introduzione per conoscere la robotica e il funzionamento di e.DO, è prevista una prima attività di montaggio del robot (5 minuti). Quindi, vengono spiegati i fattori chiave di un processo di lavoro 4M: Man, Machine, Material, Method. Tuttavia, il Method non viene illustrato subito dal facilitatore, per osservare come lavorano gli studenti in assenza di un protocollo dato esplicitamente. Quindi gli studenti si trovano virtualmente in un centro di distribuzione alimentare e hanno il compito di consegnare 8 pacchi di alimenti in 15 minuti attraverso l'utilizzo di e.DO e di GV (Guided Vehicle), ovvero veicoli telecomandati da un joystick. Uno dei gruppi ha l'incarico di guidare i GV per raccogliere le palline che simboleggiano gli alimenti. I componenti degli altri gruppi devono sia consegnare gli alimenti sia depor-

re gli imballaggi (mattoncini colorati), in un secchiello. Conclusa l'attività viene verificato e commentato il risultato. Successivamente, si richiede di svolgere il medesimo compito con il Method proposto dal facilitatore: un modello di produzione in parallelo con 2 GV (tempo di 15 minuti).



Foto 4 - Attività Robo-Coop [C. Fasano]

8. Robo-Cartesio: la matematica per la scuola secondaria di II grado

Robo-Cartesio è il modulo realizzato per la scuola secondaria di II grado (Foto 5) strutturato in quattro attività, di cui tre inerenti la matematica. I cinque gruppi di studenti rappresentano altrettanti team di una start up specializzata nella produzione di pneumatici per auto di alta gamma. Sfidandosi i team devono risolvere i vari task lanciati dal facilitatore, diventato il responsabile della start up. Ogni task fornisce a ciascun team un punteggio che va da un minimo di 0 punti a un massimo di 3. I cinque team devono sfidarsi per risolvere cinque task attraverso l'utilizzo di e.DO; lo scopo è quello di aggiudicarsi la vittoria e al team vincitore sarà affidata in premio la guida della start up. Il primo task riguarda l'assemblaggio delle 6 esostaffe e dei 6 giunti di e.DO (con l'utilizzo di viti e cacciaviti), per incrementare la produzione di pneumatici della start up (10 minuti a disposizione). Nel secondo, si richiede di calcolare la densità di un materiale specifico indicato dal facilitatore, per scoprire le proprietà fisiche-chimiche degli pneumatici della concorrenza. Nel terzo, si devono analizzare i costi e i ricavi della

start up, tramite la retta interpolatrice e il piano cartesiano. In modo particolare, è stato chiesto ai ragazzi di ragionare sul concetto di break-even point. Per fare ciò, gli studenti hanno inserito un pennarello nella pinza di e.DO per poter disegnare le rette sul piano cartesiano. Nel quarto, viene richiesto di scrivere un programma che permetta a e.DO di svolgere un'attività di pick and place, prendendo uno pneumatico e posizionandolo in un punto preciso del piano cartesiano stabilito dal facilitatore, per ottimizzare la disposizione degli stessi all'interno dei magazzini (15 minuti a disposizione). Per questo modulo, la verifica finale con *Kahoot!* rappresenta l'ultimo task. Al termine di tutti gli esercizi viene decretato il team vincitore.



Foto 5 - Attività Robo-Cartesio [C. Fasano]

9. Robot educativi come strumenti efficaci per potenziare le soft skills

Durante il periodo di tirocinio (svolto presso la Fondazione Agnelli/Comau da Fasano e Orbisaglia), ci siamo posti la seguente domanda di ricerca: *I robot educativi sono strumenti efficaci per potenziare le soft skills degli studenti?* Per rispondere a tale quesito, abbiamo avviato una sperimentazione strettamente collegata alla rilevazione del Learning Lab *Combo* – mediante un'osservazione partecipante e utilizzo del metodo etnografico – che hanno consentito la creazione di variabili quantitative che si sono andate ad aggiungere a quella rilevate da Comau. Nel nostro protocollo d'in-

dagine abbiamo quindi adottato una strategia *mixed methods* (Trincherò, Robasto, 2019). In base alla letteratura esaminata abbiamo individuato ed esplorato le seguenti dimensioni: *autonomia*, *attenzione*, *collaborazione* e *problem solving*. Per allinearci con l'altra parte della ricerca, a ogni nostra variabile è stato attribuito un valore numerico da 1 a 4: 1 = poco; 2 = discreto; 3 = abbastanza; 4 = molto. I dati sono stati analizzati prima con Microsoft Excel e, successivamente, con il package statistico SPSS, attraverso analisi monovariate, bivariate e multivariate. La ricerca è stata condotta su un campione di 1.745 studenti (8-19 anni); in particolare, le scuole coinvolte sono state 37 (provenienti da Torino e dalla cintura, con l'eccezione di una sola scuola proveniente da Empoli), per un totale di 86 classi. Il 34,7% degli alunni proviene dalla scuola primaria, il 39,5% dalla secondaria di I grado e il restante 25,8% dalla secondaria di II grado. Gli alunni sono equamente distribuiti tra maschi e femmine. Il periodo di tempo impiegato ha interessato 18 settimane (dal 16 settembre 2019 al 31 gennaio 2021), con 344 ore complessive di lavoro di gruppo, ripartite in 4 ore per giorno. Le attività, differenziate in base al grado d'istruzione, hanno riguardato principalmente l'ambito tecnologico-matematico, hanno richiesto l'integrazione tra contenuti cardini pregressi delle discipline e l'utilizzo del robot educativo e.DO con lo scopo (nel nostro caso) di potenziare le soft skills.

9.1. L'autonomia

La scelta dell'*autonomia* può essere ricondotta alla centralità che tale soft skill riveste nell'ambito educativo-didattico. In particolare, durante le attività proposte nel Lab *Combo* dal facilitatore, risulta di primaria importanza mostrarsi capaci di fare da soli ed essere sicuri delle proprie potenzialità per poter lavorare con serenità e armonia insieme ai propri pari.

Report

O_Autonomia

Grado d'istruzione	Media	N	Deviazione std.
Scuola primaria	2,79	442	,954
Scuola secondaria di 1°grado	3,02	504	,804
Scuola secondaria di 2°grado	3,71	329	,457
Totale	3,12	1275	,868

Fig. 1 - Relazione tra livello di autonomia e grado d'istruzione

La Fig. 1 mostra la relazione tra il livello di autonomia e il grado d'istruzione. Mediante l'analisi della varianza abbiamo controllato che tale relazione esiste (significatività = 0,000), mentre il valore di Eta quadrato = 0,173 informa che il 17,3% della variabilità dell'autonomia è spiegato dal grado d'istruzione. Come si può osservare ancora dalla Fig. 1, è la scuola secondaria di II grado a registrare i livelli più alti di autonomia con una media pari a 3,71 (ricordiamo ancora che il range varia da 1 a 4).

La Fig. 2 mostra la relazione tra il livello di autonomia e il grado d'istruzione, questa volta ripartito nelle classi che vengono frequentate dai singoli alunni. L'analisi della varianza informa che tale relazione è presente (significatività = 0,000) e Eta quadrato = 0,241 dice che il 24,1% dell'autonomia è spiegato dal grado d'istruzione in classi, e dunque che la relazione è di una buona intensità. È la terza classe della scuola primaria, la prima classe della secondaria di I grado e la quinta classe della secondaria di II grado che rivelano i più alti livelli di autonomia, rispettivamente con una media di 3,03; 3,39; 4,00.

Report

O_Autonomia

Classe e grado d'istruzione	Media	N	Deviazione std.
3_scuola primaria	3,03	186	,763
4_scuola primaria	2,84	119	,983
5_Scuola primaria	2,42	137	1,048
1_scuola secondaria di 1° grado	3,39	153	,620
2_scuola secondaria di 1° grado	2,86	324	,847
3_scuola secondaria di 1° grado	2,81	27	,396
2_scuola secondaria di 2° grado	3,58	140	,496
3_scuola secondaria di 2° grado	3,74	66	,441
4_scuola secondaria di 2° grado	3,81	110	,395
5_scuola secondaria di 2° grado	4,00	13	,000
Totale	3,12	1275	,868

Fig. 2 - Relazione tra livello di autonomia e grado d'istruzione (ripartito in classi)

Report

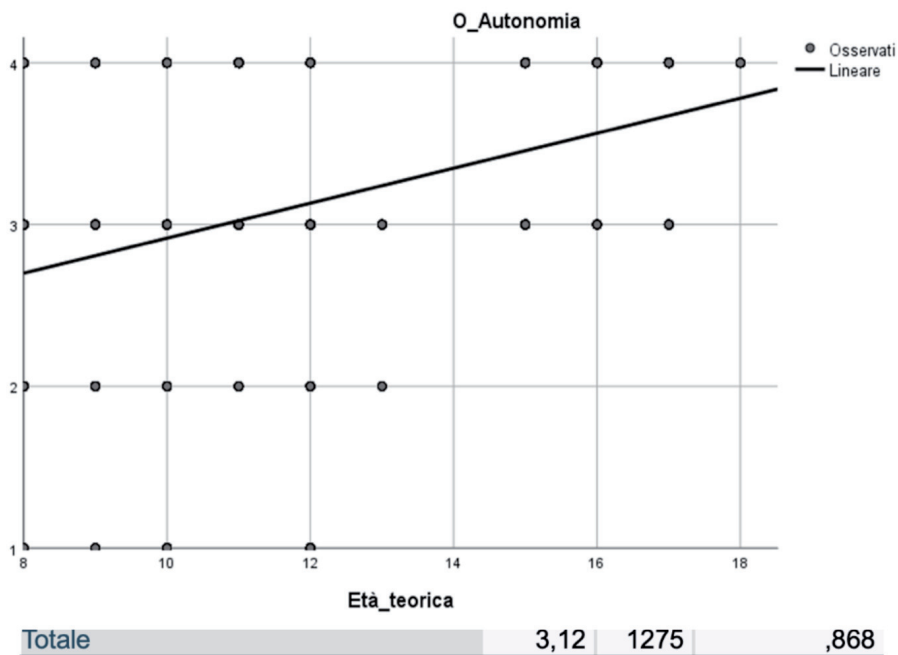


Fig. 3 - Relazione tra livello di autonomia ed età teorica (diagramma a dispersione, numero di casi pari a 1.745)

La Fig. 3 mostra una relazione tra il livello di autonomia e l'età teorica, in particolare al crescere dell'età cresce anche l'autonomia. Infatti, il coefficiente di correlazione di Pearson = 0,354 (significatività = 0,000) mostra una relazione di buona intensità. R-quadrato pari a 0,125 indica che il 12,5 % del livello di autonomia è spiegato dall'età teorica. Il modello matematico che formalizza l'immagine della Fig. 3 ha la seguente equazione:

$$y = a + b * x$$

$$\text{autonomia} = 1,834 + 0,108 * \text{età_teorica}$$

Ad esempio, se età_teorica = 18 anni, autonomia = 1,834 + 0,108 * 18 = 3,78. Informiamo il lettore che in Fig. 1 e Fig. 2 i casi validi sono 1.275 mentre in Fig. 3 sono 1.745; ciò è dovuto a casi mancanti che hanno interessato le variabili in gioco. Questo schema si ripeterà nelle analisi che seguono.

In generale, le analisi statistiche mostrano come l'autonomia sia stata potenziata dall'utilizzo di e.DO: quasi tutti gli studenti hanno risolto i compiti in modo autonomo e sono stati in grado di migliorarsi da soli attraverso la modalità "prova ed errore". Ciò è stato possibile anche grazie alla facilità con cui si può utilizzare il robot collegandolo a un'applicazione installata su tablet, denominata *App e.DO*, la quale presenta interfacce facilmente intuibili. Sbagliando, infatti, bambini e ragazzi imparano a correggersi da soli e questo li aiuta ad assumere un livello di autonomia sempre più elevato e ad essere in grado di perfezionare i propri tentativi fino a giungere alla soluzione. Questi risultati sono in linea con quanto riferisce la letteratura (Kucuk, Sisman, 2017).

9.2. L'attenzione

La scelta della soft skill *attenzione* è nata dall'importanza che quest'ultima ricopre all'interno del *Lab Combo*, in quanto consente di garantire la qualità della lezione e l'efficacia dell'apprendimento. Durante le spiegazioni da parte del facilitatore, infatti, se gli studenti non sono in grado di tenere un'alta soglia di attenzione, non saranno poi capaci di svolgere correttamente le attività proposte.

Report

M_Attenzione			
Grado d'istruzione	Media	N	Deviazione std.
Scuola primaria	2,73	442	,884
Scuola secondaria di 1°grado	3,20	504	,808
Scuola secondaria di 2°grado	3,56	329	,498
Totale	3,13	1275	,835

Fig. 4 - Relazione tra livello di attenzione e grado d'istruzione

La Fig. 4 evidenzia la relazione tra il livello di attenzione e il grado d'istruzione. Mediante l'analisi della varianza abbiamo controllato che questa relazione esiste (significatività = 0,000), mentre il valore di Eta quadrato = 0,150 informa che il 15% della variabilità dell'attenzione è spiegato dal grado d'istruzione. Come si può notare ancora dalla Fig. 4, è la scuola secondaria di II grado ad essere in testa alla classifica con una media pari a 3,56.

La Fig. 5 mostra la relazione tra il livello di attenzione e il grado d'istruzione, ripartito nelle classi che vengono frequentate dai singoli alunni. L'analisi della varianza sottolinea che tale relazione è presente (significatività = 0,000) e Eta quadrato = 0,212 informa che il 21,2% dell'attenzione è spiegato dal grado d'istruzione in classi. Le medie più alte si riscontrano per la classe terza di scuola primaria di I grado e per la classe quinta di scuola secondaria di II grado, entrambe con una media equivalente a 4,00, mentre per la scuola primaria la media più elevata si individua nella classe terza (2,86).

Report

M_Attenzione

Classe e grado d'istruzione	Media	N	Deviazione std.
3_scuola primaria	2,86	186	,751
4_scuola primaria	2,77	119	,753
5_Scuola primaria	2,52	137	1,099
1_scuola secondaria di 1° grado	3,42	153	,655
2_scuola secondaria di 1° grado	3,03	324	,843
3_scuola secondaria di 1° grado	4,00	27	,000
2_scuola secondaria di 2° grado	3,64	140	,483
3_scuola secondaria di 2° grado	3,71	66	,456
4_scuola secondaria di 2° grado	3,31	110	,464
5_scuola secondaria di 2° grado	4,00	13	,000
Totale	3,13	1275	,835

Fig. 5 - Relazione tra livello di attenzione e grado d'istruzione (ripartito in classi)

La Fig. 6 mostra la relazione tra il livello di attenzione e l'età teorica, in particolare al crescere dell'età aumenta anche l'attenzione. Infatti, il coefficiente di correlazione di Pearson = 0,333 (significatività = 0,000) indica una relazione di media intensità. R-quadrato pari a 0,111 informa che l'11,1 % del livello di autonomia è spiegato dall'età teorica. Il modello matematico che formalizza l'immagine della Fig. 6 ha la seguente equazione:

$$y = a + b * x$$

$$\text{attenzione} = 1,968 + 0,098 * \text{età_teorica}$$

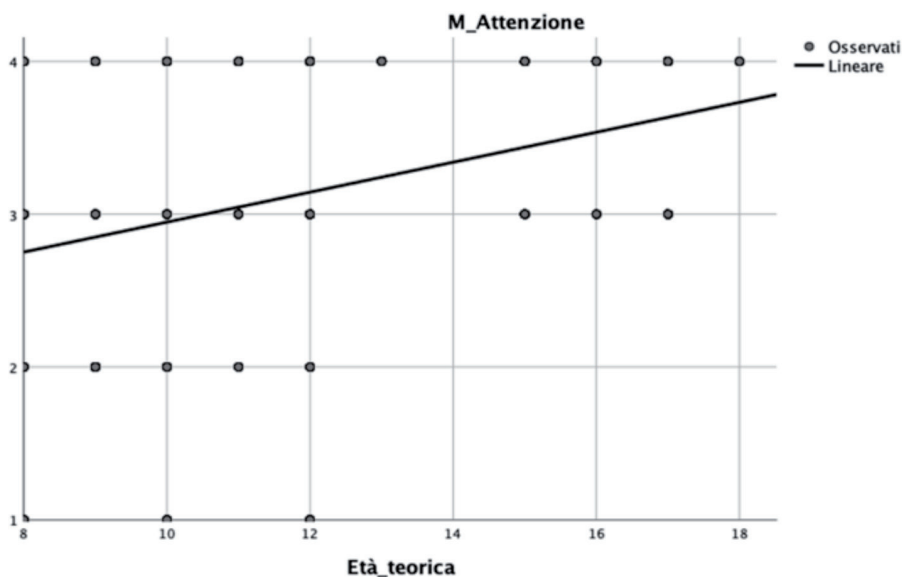


Fig. 6 - Relazione tra livello di attenzione ed età teorica (diagramma a dispersione, numero di casi pari a 1.745)

Ad esempio, se età_teorica = 18 anni, attenzione = $1,968 + 0,098 * 18 = 3,72$. I risultati sottolineano come l'utilizzo di e.DO abbia contribuito a stimolare e a mantenere costante l'attenzione. Rafforzando quanto appena messo in luce, la letteratura di riferimento riporta gli effetti positivi dell'educazione robotica sullo sviluppo di una maggiore attenzione degli studenti durante attività di ER, confermandone l'utilità in quanto consente a bambini e ragazzi di acquisire nuove conoscenze, svolgendo attività in modo piacevole e all'interno di un ambiente di apprendimento innovativo e interattivo (Kim *et al.*, 2015; Aris, Orcos, 2019; Ronsivalle *et al.*, 2019).

9.3. La collaborazione

La scelta della capacità di *collaborazione* deriva dal fatto che le attività proposte al Lab *Combo* sono svolte in gruppo e per lavorare insieme ai propri compagni risulta fondamentale cooperare gli uni con gli altri, aiutandosi e supportandosi a vicenda al fine di realizzare un lavoro di squadra e ottenere risultati soddisfacenti.

Report

N_Collaborazione

Grado d'istruzione	Media	N	Deviazione std.
Scuola primaria	2,59	442	1,016
Scuola secondaria di 1° grado	3,12	504	,746
Scuola secondaria di 2° grado	3,38	329	,551
Totale	3,00	1275	,870

Fig. 7 - Relazione tra livello di collaborazione e grado d'istruzione

Report

N_Collaborazione

Classe e grado d'istruzione	Media	N	Deviazione std.
3_scuola primaria	2,58	186	,904
4_scuola primaria	2,73	119	,945
5_Scuola primaria	2,47	137	1,195
1_scuola secondaria di 1° grado	3,34	153	,640
2_scuola secondaria di 1° grado	2,98	324	,767
3_scuola secondaria di 1° grado	3,63	27	,492
2_scuola secondaria di 2° grado	3,44	140	,498
3_scuola secondaria di 2° grado	3,55	66	,502
4_scuola secondaria di 2° grado	3,18	110	,593
5_scuola secondaria di 2° grado	2,47	137	1,195
Totale	3,00	1275	,870

Fig. 8 - Relazione tra livello di collaborazione e grado d'istruzione (ripartito in classi)

La Fig. 7 mostra la relazione tra il livello di collaborazione e il grado d'istruzione. Tramite l'analisi della varianza abbiamo controllato che tale relazione esiste (significatività = 0,000), mentre il valore di Eta quadrato = 0,135 informa che il 13,5% della variabilità della collaborazione è spiegato dal grado d'istruzione. Quindi la relazione è di una certa intensità. Ancora

dalla Fig. 7 emerge che è la scuola secondaria di II grado a registrare i livelli più alti di autonomia con una media pari a 3,38.

La Fig. 8 mette in luce la relazione tra il livello di collaborazione e il grado d'istruzione, ripartito nelle classi che vengono frequentate dai singoli alunni. L'analisi della varianza indica che questa relazione è presente (significatività = 0,000) e Eta quadrato = 0,169 informa che il 16,9% della collaborazione è spiegato dal grado d'istruzione in classi. Le medie più alte si sono registrate nella classe terza per quanto riguarda la scuola secondaria sia di I e sia di II grado e nella classe quarta per quanto riguarda la scuola primaria, rispettivamente con una media di 3,63; 3,55; 2,73.

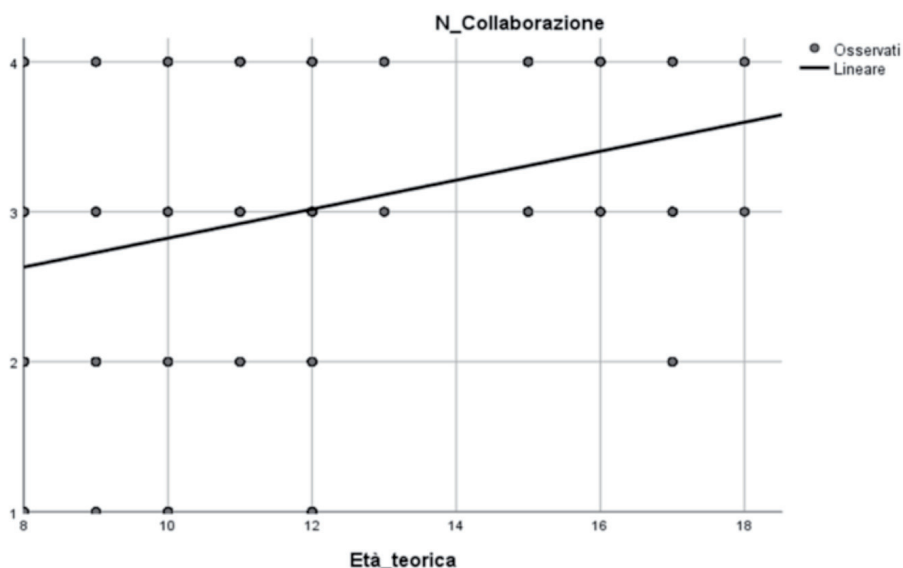


Fig. 9 - Relazione tra livello di collaborazione ed età teorica (diagramma a dispersione, numero di casi pari a 1.745)

La Fig. 9 mostra una relazione tra il livello di collaborazione e l'età teorica, in particolare al crescere dell'età cresce anche la collaborazione. Infatti, il coefficiente di correlazione di Pearson = 0,315 (significatività = 0,000) evidenzia una relazione di media intensità. R-quadrato pari a 0,099 indica che il 9,9% del livello di collaborazione è spiegato dall'età teorica. Il modello matematico che formalizza l'immagine della Fig. 9 ha la seguente equazione:

$$y = a + b * x$$

$$\text{collaborazione} = 1,859 + 0,097 * \text{età_teorica}$$

Ad esempio, se età_teorica = 18 anni, collaborazione = $1,859 + 0,097 * 18 = 3,60$. I risultati ottenuti dimostrano che l'utilizzo di e.DO ha contribuito a favorire la cooperazione e il confronto tra i vari membri dei gruppi. Lo sviluppo della collaborazione attraverso la robotica educativa è accertato anche da studi precedenti, in cui si sostiene che gli alunni non imparano in uno spazio vuoto ma in un ambiente sociale ricco di stimoli. Infatti, le attività condotte con ER sono in grado di promuovere il lavoro di squadra che permette di aumentare l'interazione e di sviluppare capacità sociali. Di conseguenza, predisponendo un ambiente collaborativo e interattivo, è possibile ottenere un potenziamento del processo di apprendimento (Diaz-Lauzurica, Moreno-Salinas, 2019; Ronsivalle *et al.*, 2019; Kim *et al.*, 2015).

9.4. Il problem solving

La scelta del *problem solving* come dimensione da indagare è motivata dall'importanza di saper gestire questa capacità nelle attività da svolgere dentro e fuori le mura scolastiche. Facendo riferimento al Lab *Combo*, il problem solving è di primaria importanza poiché consente di analizzare i vari problemi che possono subentrare di volta in volta durante gli esercizi e di identificare la soluzione migliore in modo da portare a termine, insieme agli altri membri del gruppo, il proprio compito focalizzandosi sugli aspetti positivi del problema.

La Fig. 10 mette in evidenza la relazione tra il livello di problem solving e il grado d'istruzione. Attraverso l'analisi della varianza abbiamo controllato che tale relazione esiste (significatività = 0,000), mentre il valore di Eta quadrato = 0,148 informa che il 14,8% della variabilità dell'autonomia è spiegato dal grado d'istruzione. Come si può notare ancora dalla Fig. 10, è la scuola secondaria di I grado a registrare i livelli più alti con una media pari a 3,81.

Report

P_Problem_Solving			
Grado d'istruzione	Media	N	Deviazione std.
Scuola primaria	3,20	442	,843
Scuola secondaria di 1°grado	3,81	504	,465
Scuola secondaria di 2°grado	3,61	329	,489
Totale	3,55	1275	,679

Fig. 10 - Relazione tra livello di problem solving e grado d'istruzione

Report

P_Problem_Solving			
Classe e grado d'istruzione	Media	N	Deviazione std.
3 scuola primaria	3,37	186	,629
4 scuola primaria	3,37	119	,687
5 Scuola primaria	2,84	137	1,079
1 scuola secondaria di 1° grado	3,94	153	,236
2 scuola secondaria di 1° grado	3,73	324	,541
3 scuola secondaria di 1° grado	4,00	27	,000
2 scuola secondaria di 2° grado	3,66	140	,476
3 scuola secondaria di 2° grado	3,67	66	,475
4 scuola secondaria di 2° grado	3,51	110	,502
5 scuola secondaria di 2° grado	3,62	13	,506
Totale	3,55	1275	,679

Fig. 11 - Relazione tra livello di problem solving e grado d'istruzione (ripartito in classi)

La Fig. 11 illustra la relazione tra il livello di problem solving e il grado d'istruzione, ripartito nelle classi che vengono frequentate dai singoli alunni. L'analisi della varianza indica che tale relazione è presente (significatività = 0,000) e Eta quadrato = 0,206 dice che il 20,6% del problem solving è spiegato dal grado d'istruzione in classi e dunque la relazione è di una certa intensità.

La Fig. 12 mostra la relazione tra il livello di problem solving e l'età teorica; nello specifico all'aumentare dell'età aumenta anche la capacità di problem solving. Infatti, il coefficiente di correlazione di Pearson = 0,165 (significatività = 0,000) ed R-quadrato pari a 0,027 (il 2,7% del livello di problem solving è spiegato dall'età teorica), evidenziano come la relazione sia poco intensa. Dunque, la relazione esiste ma non è la variabile età che ne spiega lo sviluppo. Il modello matematico che formalizza l'immagine della Fig. 12 ha la seguente equazione:

$$y = a + b * x$$

$$\text{problem solving} = 3,078 + 0,040 * \text{età_teorica}$$

Ad esempio, se età_teorica = 18 anni, problem solving = 3,078 + 0,040* 18 = 3,80. I risultati ricavati dalle analisi mostrano come e.DO sia in grado di potenziare le capacità di problem solving degli studenti.

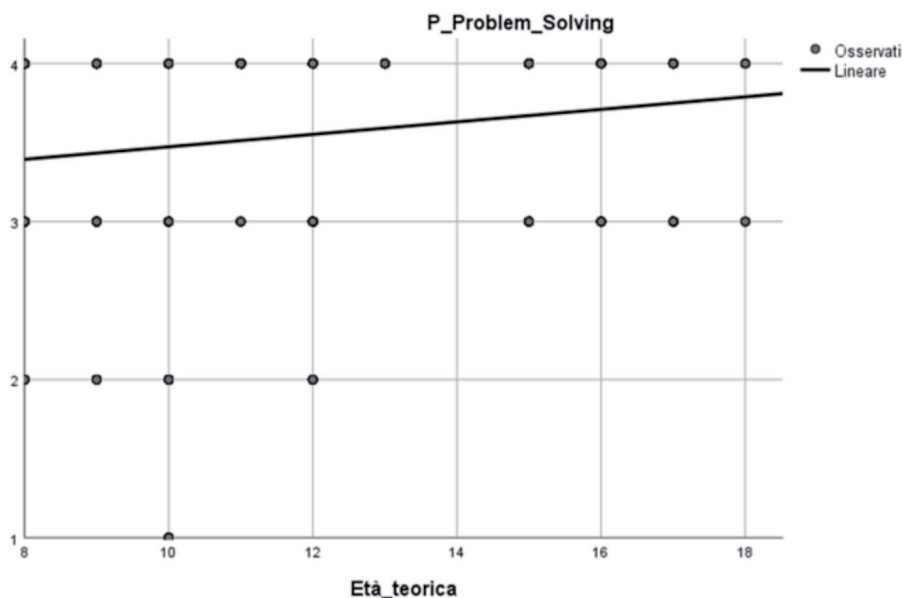


Fig. 12 - Relazione tra livello di problem solving ed età teorica (diagramma a dispersione, numero di casi pari a 1.745)

Per concludere si può pertanto affermare che, attraverso ER e l'utilizzo di e.DO, gli studenti coinvolti nell'indagine hanno avuto la possibilità di sperimentare diverse soluzioni ai problemi proposti e questo ha contribuito a far comprendere loro come il metodo migliore da adottare vari in base al contesto. Infatti, le attività condotte con ER sono solitamente incentrate su compiti che ruotano attorno all'analisi e alla risoluzione di problemi complessi del mondo reale. Come dimostrato anche dalla letteratura, le difficoltà che s'incontrano utilizzando un robot educativo per apprendere, spesso sono costruttive, poiché motivano la persona e il gruppo a un coinvolgimento attivo e consapevole (v. ancora Atmatzidou *et al.*, 2018; Ioannou, Makridou, 2018).

10. Conclusione e future direzioni di ricerca

In termini di raggiungimento dell'obiettivo posto inizialmente, è possibile affermare che per gli studenti di età compresa tra gli 8 e i 19 anni coinvolti nel Learning Lab *Combo*, la e.DO experience ha dato ottimi risultati. Attraverso i dati raccolti sul campo, le osservazioni, i commenti

e i feedback degli studenti, è possibile argomentare che e.DO si è dimostrato uno strumento utile ed efficace per la nostra ricerca. Nonostante la mancanza di un gruppo di controllo, questo studio può essere considerato un valido contributo alla letteratura su ER, poiché si tratta di una delle prime volte in cui vengono analizzati corposi dati raccolti durante attività didattiche svolte all'interno di un contesto innovativo di apprendimento rigidamente controllato. La nostra è una “fotografia” in quanto non ci è stato possibile seguire nel tempo gli alunni oggetto dell'indagine. Abbiamo però controllato con un metodo misto, che fonde assieme il dato qualitativo a quello quantitativo, che l'uso di ER e di e.DO, registra livelli elevati delle soft skill prese in considerazione, valori che raramente e con difficoltà si registrano con approcci didattici tradizionali.

Il braccio robotico e.DO si sta affermando negli ultimi anni sia in Italia sia nel mondo; per questo motivo ingegneri, tecnici e informatici, lavorano continuamente e con professionalità, sottoponendo il robot a costanti aggiornamenti al fine di renderlo il più funzionale ed efficiente possibile. La novità più recente è e.DO Cube, il gemello “virtuale” di e.DO, che consente a docenti e studenti di programmarlo e utilizzarlo in un ambiente simulato e di svolgere attività di insegnamento e apprendimento principalmente a distanza, ma anche in presenza o miste (<https://edo.cloud/#>). Infatti, e.DO Cube è nato anche per rispondere alle esigenze imposte dall'attuale emergenza sanitaria e per promuovere attività incentrate sulla robotica educativa da remoto.

I risultati della nostra indagine sono promettenti e sono un invito a proseguire nello sviluppo sia di e.DO (portandolo sempre più a diventare un Intelligent Tutoring Robot), sia dei modelli educativi di formazione incentrati su ER (Grimaldi, 2022), sia di attività di terza missione (Foto 6). La terza missione consente infatti di far conoscere la robotica alla gente comune e di svolgere un'attività di orientamento capace di portare soprattutto il genere femminile verso studi tecnico scientifici come auspica la società civile.

La ricerca è stata realizzata nell'ambito del percorso di studi in Scienze Pedagogiche dell'Università degli Studi di Torino, in particolare per la realizzazione delle tesi di laurea magistrale *Imparare attraverso la robotica educativa. Uno studio sul campo per scoprire le potenzialità di e.Do sulle soft skills degli studenti* (C. Fasano) e *La robotica educativa e il suo impatto sull'apprendimento. Uno studio sul campo per scoprire le potenzialità di e.Do sulle soft skills degli studenti* (C. Orbisaglia), coordinate da R. Grimaldi del Laboratorio di simulazione del comportamento e robotica educativa “Luciano Gallino” (Dipartimento di Filosofia e Scienze dell'Educazione). Durante tutto il percorso di tirocinio e di tesi sono state scattate delle foto durante le attività del Learning Lab *Combo*; ciò è stato possibile grazie alle liberatorie sottoscritte dai genitori degli alunni. Parte di questo



Foto 6 - Stand dell'Università di Torino alla fiera Automation & Testing del 2019 a Torino (da sinistra, C. Fasano e C. Orbisaglia) [R. Grimaldi]

materiale fotografico è stato inserito nel presente contributo. La sperimentazione è stata resa possibile grazie alla Fondazione Agnelli, in particolare ad Andrea Gavosto (Direttore) e Stefano Molina (Dirigente di ricerca), e a Comau Academy, in particolare a Ezio Fregnan (Direttore), Lucia Marchesi (Consulente per lo sviluppo di progetti formativi) e Giuseppe Daqua (Comau Education Specialist).

Riferimenti bibliografici e sitografici

Aris N., Orcos L. (2019), "Educational Robotics in the Stage of Secondary Education: Empirical Study on Motivation and STEM Skills", *Education Sciences*, 9(2), pp. 1-15.

- Atmatzidou S., Demetriadis S., Nika P. (2018), “How Does the Degree of Guidance Support Students’ Metacognitive and Problem Solving Skills in Educational Robotics?”, *Journal of Science Education and Technology*, 27, pp. 70-85.
- Bers M.U., Flannery, L., Kazakoff E., Sullivan A. (2014), “Computational thinking and tinkering: Exploration of an early childhood robotics curriculum”, *Computers & Education*, 72, pp. 145-157.
- Denicolai L., Grimaldi R., Palmieri S. (2017), *Il futuro ha un cuore antico. Robot e marionette tra linguaggio video e pensiero computazionale*, Didamatica 2017, pp. 1-10.
- Diaz-Lauzurica B., Moreno-Salinas D. (2019), “Computational Thinking and Robotics: A Teaching Experience in Compulsory Secondary Education with Students with High Degree of Apathy and Demotivation”, *Technology & Engineering Education*, 11(18), pp. 1-21.
- Grimaldi R., a cura di (2022), *La società dei robot*, Mondadori, Milano.
- Ioannou A., Makridou E. (2018), “Exploring the potentials of educational robotics in the development of computational thinking: A summary of current research and practical proposal for future work”, *Education and Information Technologies*, 23(6), pp. 2531-2544.
- Kim C., Kim D., Yuan J., Hill R.B., Doshi P., Thai C.N. (2015), “Robotics to promote elementary education pre-service teachers’ STEM engagement, learning, and teaching”, *Computers & Education*, 91, pp. 14-31.
- Kucuk S., Sisman B. (2017), “Behavioral patterns of elementary students and teachers in one-to-one robotics instruction”, *Computers & Education*, 111, pp. 31-43.
- Leonard J., Buss A., Gamboa R., Mitchell M.S., Fashola O., Hubert T., Almughyirah S. (2016), “Using Robotics and Game Design to Enhance Children’s Self-Efficacy, STEM Attitudes, and Computational Thinking Skills”, *Journal of Science Education and Technology*, 25(6), pp. 860-876.
- 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.
- Ronsivalle G.B., Boldi A., Gusella V., Inama C., Carta S. (2019), “How to Implement Educational Robotics’ Programs in Italian Schools: A Brief Guideline According to an Instructional Design Point of View”, *Technology, Knowledge and Learning*, 24(2), pp. 227-245.
- Trincherò R., Robasto D. (2019), *I mixed methods nella ricerca educativa*, Mondadori, Milano.

<https://edo.cloud/#>

<https://edo.cloud/edo-experience>

<https://www.comau.com/it>

<https://www.comau.com/it/about-comau/company-profile>

10. Gli effetti di una pandemia sulle conoscenze dei concetti di relazione spazio-temporali in una scuola primaria: la robotica educativa come strumento di compensazione

di Nicole Messi, Silvia Palmieri e Renato Grimaldi

1. Premessa

A partire dalla prima ondata pandemica che ha colpito ad inizio 2020 il contesto italiano e mondiale, è risultata chiara e fondamentale la necessità di rilevare le effettive conseguenze che la prolungata chiusura scolastica dovuta alle restrizioni imposte dal governo ha avuto sulle competenze degli alunni di ogni ordine e grado scolastico. In questo contributo, ci concentreremo sulle scuole primarie italiane e in particolare sull'effetto del primo lockdown tra marzo e giugno 2020, dove anche la scuola primaria ha visto il passaggio di tutte le lezioni in DAD (didattica a distanza).

Il lavoro è svolto nell'ambito delle attività del Laboratorio di simulazione e robotica educativa "Luciano Gallino" del Dipartimento di Filosofia e Scienze dell'Educazione dell'Università di Torino.

2. Il progetto di ricerca

Il progetto di ricerca nasce dalla volontà di fornire un feedback a dirigenti, docenti e studiosi sull'efficacia della didattica a distanza e soprattutto sulle conseguenze che una sua totale e repentina applicazione possa aver provocato sulle competenze degli alunni dei primi anni di primaria. Ci siamo quindi concentrati sull'Istituto Comprensivo Marconi di Collegno (TO), dove è stato possibile effettuare una comparazione prima e dopo il lockdown 2020 (marzo-giugno), grazie alla presenza di dati rilevati su alunni testati nel 2018, 2014 e 2013. Per consentire tale comparazione abbiamo somministrato a novembre 2020 un apposito test a bambini della seconda classe della scuola primaria. Utilizzando il medesimo strumento impiegato precedentemente nella stessa struttura scolastica, abbiamo potuto

ottenere risultati utili per comprendere l'impatto delle restrizioni pandemiche in tale scuola.

L'ipotesi di partenza mira a controllare se il prolungato periodo di lockdown abbia portato criticità nella conoscenza dei concetti di relazione spazio-temporale tra gli alunni dei primi anni della scuola primaria. Mediante la somministrazione del TCR – il test utilizzato di cui diremo a breve – a ciascun bambino delle classi prese a campione nel 2020, è stato calcolato il punteggio standard e il rango percentile. I risultati ottenuti sono stati messi a confronto con quelli ottenuti dalle classi oggetto di rilevazione negli anni 2018, 2014 e 2013. Si tratta di una straordinaria opportunità che abbiamo potuto cogliere grazie al lavoro di rilevazione che Silvia Palmieri ha curato negli ultimi dieci anni.

3. Lo strumento di rilevazione: il TCR

Il TCR, *Test of Relational Concepts*, è uno strumento standardizzato validato negli Stati Uniti da Edmonston e Thane (1999), su alunni appartenenti alla fascia d'età 3-8 anni. Il test consiste nel proporre agli alunni 56 items, ovvero gruppi di immagini, accompagnati da una domanda alla quale gli alunni devono dare una risposta che sarà valutata come esatta o errata. A partire dal risultato ottenuto, è possibile calcolare tre tipi di punteggio: il punteggio grezzo, il punteggio standardizzato e il rango percentile. Il primo consiste nella somma dei punteggi delle risposte esatte ottenute da ciascun bambino, il secondo permette di mettere a confronto il singolo alunno con il punteggio medio del campione di riferimento, quello statunitense, la cui media è pari a 50 con una deviazione standard di 10. Questo significa che ogni alunno che otterrà un risultato inferiore a questa cifra sarà considerato carente dal punto di vista delle competenze spazio-temporali, deficit che sarà tanto più severo quanto più ci si allontana dal valor medio; tale distanza è misurata in deviazioni standard. Il rango percentile, infine, permette di dare una collocazione degli alunni di una stessa sezione o realtà scolastica, per comprendere il livello di prestazione del singolo rispetto ai compagni. Ovviamente consente pure di osservare come una classe (attraverso il suo valore medio e deviazione standard) si posizioni rispetto ad altre classi, a un istituto o rispetto al proprio Paese.

Alcuni esempi di item proposti agli alunni sono visibili in Fig. 1. La domanda collegata all'item rappresentato in alto a sinistra recita: “Mostrami la ragazza *più alta*”; le altre domande sono rispettivamente: “Mostrami la ragazza che ha il lecca-lecca *più piccolo*”; “Mostrami il ragazzo che sta indicando qualcosa *in fondo* alla finestra”; “Mostrami la *prima* giraffa della fila”.

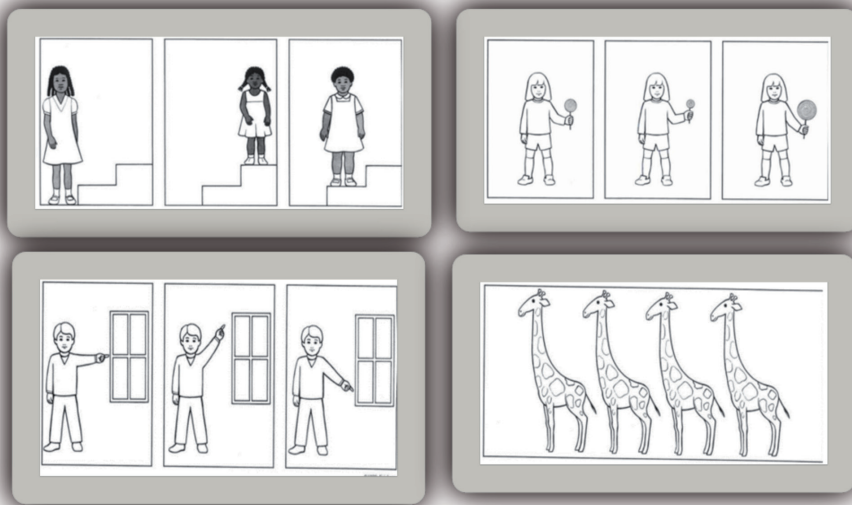


Fig. 1 - Alcuni item per la valutazione della conoscenza dei concetti spazio temporali

4. Il piano di campionamento

Il piano di campionamento è stato fatto all'interno dell'Istituto Comprensivo Marconi di Collegno (TO). Esso è composto da quattro gruppi di alunni dei primi due anni della scuola primaria: 118 testati nel 2013 (Grimaldi, 2015); 275 nel 2014 (Brignone, Denicolai, Grimaldi, Palmieri, 2021); 55 nel 2018 (dati non pubblicati); 60 nel 2020 (Messi, Grimaldi, 2021). A questo ultimo gruppo è stato somministrato il TCR nei mesi di novembre/dicembre 2020, alla ripresa dell'anno scolastico 2020/21. In particolare, i 60 bambini oggetto di questa somministrazione appartenevano alla IIA, IIB, IIC e quindi avevano sofferto la chiusura della scuola quando frequentavano (da marzo a giugno) il loro primo anno di primaria.

5. I risultati della sperimentazione

Iniziamo a vedere i risultati del gruppo relativo agli alunni a cui è stato somministrato il TCR nel 2020 (ultima riga della Fig. 2). Per prima cosa possiamo osservare un punteggio standardizzato medio pari a 44.5, con

una deviazione standard (da ora in poi, SD) di 8.1 (ricordiamo ancora che i valori di riferimento del TCR hanno una media pari a 50 e una SD pari a 10). Per quanto concerne il rango percentile, invece, il valore medio è pari a 31.7 con una SD di 21.7. Inoltre, abbiamo calcolato l'intervallo di fiducia/confidenza, che si colloca per il punteggio standard tra 42.4 e 46.5 e per il rango percentile tra 26.2 e 37.2, il tutto con un livello di significatività del 95% (vedi ancora Fig. 2).

Campione	Numero di soggetti	Moda dell'età	Punteggio standardizzato	Dev. St.	Intervallo minimo di confidenza	Intervallo massimo di confidenza	Rango percentile	Dev. St.	Intervallo minimo di confidenza	Massimo intervallo di confidenza
Collegno 2013	118	6.5-7	44.5	8.8	42.9	46.1	33.2	23.1	29.0	37.4
Collegno 2014	275	6-6.5	47.9	9.0	47.0	49.0	45.0	25.2	42.0	48.0
Collegno 2018	55	6-6.5	48.9	14.0	45.2	52.5	56.9	30.8	48.8	65.1
Collegno 2020	60	7-7.5	44.5	8.1	42.4	46.5	31.7	21.7	26.2	37.2

Fig. 2 - Valori statistici calcolati in 4 campioni di Collegno (TO)

Per quanto riguarda la comparazione dei campioni testati nei diversi anni scolastici (confronto che per comodità effettueremo sul solo rango percentile), nel 2018 è stato rilevato un valore di 56.9 e SD di 30.8 (Brignone, Denicolai, Grimaldi, Palmieri, 2021). Possiamo proseguire osservando che il valore medio rilevato nel 2014 è pari a 45.0 con SD 25.2, mentre nel 2013 si è ottenuto un valore di 33.2 con SD 23.1 (vedi ancora Fig. 2).

Analizzando i dati sopra menzionati, possiamo osservare come il rango percentile ottenuto dagli alunni sottoposti al test nel 2020 sia statisticamente inferiore al punteggio degli studenti di Collegno 2018 e 2014 mentre non è statisticamente differente da Collegno 2013. Infatti, l'intervallo di confidenza del 2020 che, come abbiamo visto, è collocato tra i valori 26.2 e 37.2, non ha intersezioni con gli intervalli di confidenza del 2018 e 2014; ha invece intersezioni con l'intervallo di confidenza del 2013 (29.0-37.4) per cui possiamo affermare che il rango percentile del 2020 *non* è statisticamente diverso da quello del 2013. Precisiamo che il TCR somministrato nell'anno 2013 costituisce la prima rilevazione effettuata nell'Istituto Comprensivo Marconi che aveva fatto emergere le lacune degli studenti in materia di concetti spazio-temporali. In seguito all'adozione della robotica educativa come strumento per l'apprendimento di tali concetti, si può constatare come il rango percentile sia significativamente cresciuto. In quel periodo introducemmo l'uso di robot BeeBot, quindi dei più recenti BlueBot e altri ancora (Fig. 3).



Fig. 3 - Alunne della Scuola Primaria di Collegno (TO) programmano i robot Bee-Bot [Foto di S. Palmieri, 2013]

In seguito al primo grande lockdown da marzo a giugno 2020, che ha visto i bambini che allora frequentavano la prima classe di scuola primaria (oggetto della nostra ricerca) costretti a casa da un giorno all'altro, questo dato è drasticamente sceso. Sono bastati tre mesi di chiusura scolastica e di didattica a distanza a riportare i valori del rango percentile a un livello quasi pari a quello rilevato nel 2013.

La nostra ipotesi, seppur limitata sia nei numeri sia nell'ambito territoriale, è statisticamente controllata positivamente.

6. Conclusioni

La ricerca, pur con numeri limitati e uno specifico ambito territoriale, ha evidenziato criticità nelle competenze spazio-temporali degli alunni di scuola primaria, in seguito alle misure restrittive dovute alla pandemia (lockdown 2020). Auspichiamo che il nostro lavoro possa costituire un punto di riferimento per altri ricercatori che mirano a comprendere a fondo le condizioni didattiche e le competenze correnti degli alunni di ogni livello scolastico, in seguito alla crisi da Covid-19 (Grimaldi, 2022).

A partire dalla consapevolezza delle reali conseguenze che ciò ha comportato negli studenti, infatti, è possibile mettere a punto efficaci e mirate strategie didattiche, per migliorare la qualità dell'educazione. È importante che la scuola faccia tesoro di questa esperienza e si attrezzi per dare risposte efficaci e immediate a momenti di crisi che si possono presentare improvvisamente, così come è successo in questi ultimi due anni. L'uso delle tecnologie – sia come strumento di comunicazione sia di didattica – in questo momento pandemico e post-pandemico, possono aiutare il mondo della scuola soprattutto ora con la presenza in aula. E possiamo dire – per averlo sperimentato sul campo – che l'uso della robotica educativa ha un effetto altamente positivo sull'acquisizione di conoscenze e di competenze e che a tutti gli effetti i robot (soprattutto quelli sociali) si stanno affermando come efficienti partner dell'insegnante.

Riferimenti bibliografici

- Brignone S., Denicolai L., Grimaldi R., Palmieri S. (2021), “Robotica educativa e concetti di relazione spaziale e temporale. Una sperimentazione nella scuola primaria”, in Bozzi G., Zecca L., Datteri E., a cura di, *Interazione Bambini-Robot; riflessioni teoriche, risultati sperimentali, esperienze*, FrancoAngeli, Milano. http://ojs.francoangeli.it/_omp/index.php/oa/catalog/book/636
- Edmonston N.K., Thane N.L. (1999), *TRC: Test of relational concepts*, Gallaudet University, Pre-college National Mission Programs.
- Grimaldi R., a cura di (2015), *A scuola con i robot. Innovazione didattica, sviluppo delle competenze e inclusione sociale*, Il Mulino, Bologna.
- Grimaldi R., a cura di (2022), *La società dei robot*, Mondadori, Milano.
- Grimaldi R., Messi N. (2022), “Covid-19: gli effetti sulle competenze spazio-temporali degli alunni di scuola primaria”, *Agenda Digitale*. www.agendadigitale.eu/scuola-digitale/covid-19-gli-effetti-sulle-competenze-spazio-temporali-degli-alunni-di-scuola-primaria
- Messi N., Grimaldi R. (2021), “The effects of Covid-19 pandemic on primary school children's spatial-temporal skills, in Italy”, in *EDULEARN21 Conference 5th-6th July 2021*, IATED, Palma de Mallorca, pp. 3262-3268.

11. Il social robot Pepper a supporto delle carriere degli studenti universitari

di Sandro Brignone e Angelo Cangelosi¹

1. Premessa

A partire dagli anni '60 del secolo scorso, le tecnologie robotiche si sono progressivamente diffuse nelle nostre società, compiendo notevoli passi avanti (Siciliano, 2019, 2016). In particolare, negli ultimi venti-trent'anni, grazie all'intersezione di quel settore con le applicazioni di intelligenza artificiale (IA), sempre più si va nella direzione di una robotica vista come una “connessione intelligente tra percezione e azione” (Siciliano, 2020). Robot, dunque, come intelligenze artificiali dotate di un corpo, che possiede dei sensori attraverso i quali percepire il mondo circostante (*dimensione sensoriale*, di raccolta dati) e degli attuatori per agire su di esso (*dimensione attuativa*). L'IA ne rappresenta la *dimensione cognitiva*, in relazione alla possibilità di elaborazione dei dati e alla conseguente, più o meno autonoma, decisione e pianificazione delle azioni fisiche da svolgere (Cangelosi, Asada, 2022; Cangelosi, Schlesinger, 2015). La robotica mette, perciò, in contatto il mondo digitale con quello fisico e molte nuove tecnologie stanno uscendo dagli ambienti industriali con compiti ripetitivi, per agire in contesti aperti e meno strutturati (Grimaldi, 2022). Numerosi robot di servizio (Cobot), per esempio, sono impiegati nel settore dell'agricoltura, nei trasporti e nella logistica, nei sistemi di manutenzione, negli apparati militari,

1. Il paragrafo 1 è di A. Cangelosi, mentre quelli da 2 a 6 sono di S. Brignone. Il lavoro rientra nell'ambito delle attività del *Laboratorio di simulazione del comportamento e robotica educativa “Luciano Gallino”* dell'Università di Torino ed è stato realizzato in collaborazione con il *Cognitive Robotics Laboratory (CoRoLab)* dell'Università di Manchester (diretto dal prof. Angelo Cangelosi), durante il periodo formativo di dottorato di Sandro Brignone presso l'università inglese. Il prof. Angelo Cangelosi è stato *visiting scientist* presso il Dipartimento di Filosofia e Scienze dell'educazione dell'Università di Torino nell'a.a. 2021-22.

nonché in campo medico o di salvataggio, oppure per le attività domestiche come la pulizia, ecc., con un mercato in progressiva crescita (IFR, 2021).

In questo scenario – spinti altresì dalla domanda generata dalla crisi pandemica Covid-19 (Wang, Wang, 2021; Brignone *et al.*, 2022) – anche i *social robot* stanno lentamente entrando negli spazi pubblici e privati per prestare la loro opera nel settore educativo, nella cura e, più in generale nei servizi alla persona (Grimaldi, 2022; Korn, 2019). I *social robot* non soltanto si muovono nell’ambiente fisico in cui sono inseriti, ma si mettono in relazione con l’essere umano, comunicando in modo naturale ed esibendo comportamenti sociali, ossia nel quadro di strutture sociali e norme culturali legate al ruolo che tali macchine rivestono. In altre parole, si collocano nella singolare posizione di agenti sociali, attori o partner robotici, coi quali le persone interagiscono in un modo analogo rispetto ad altri soggetti umani (Belpaeme, 2022; Bartneck *et al.*, 2020). Lo scopo di tali macchine è quello di affiancare e assistere le persone nel raggiungere risultati positivi nelle diverse situazioni della vita o, più in generale, di perseguire gli obiettivi che la società si pone per il suo sviluppo. In questo senso, lo studio della *Human-Robot Interaction* (HRI) e della robotica sociale è complesso e multi-sfaccettato, e la progettazione sia hardware sia software si trova di fronte a sfide interessanti e aperte, che richiedono il contributo di diverse discipline, spaziando da quelle di impronta più matematico-ingegneristica alle scienze di matrice più umanistica (Breazeal *et al.*, 2016; Yang *et al.*, 2018). Gli scenari di utilizzo sono ampi e diversificati e, allo stato attuale, molti in via di esplorazione e sperimentazione, altri più consolidati.

Muovendo dalle riflessioni generali appena enucleate e dai contributi teorici esposti di seguito, il presente lavoro descrive un’esperienza di interazione tra un essere umano e un *social robot*, immaginata nel contesto dell’università. Come mostrato nel par. 2, diversi studi sono stati condotti in ambito educativo-didattico e coinvolgono in particolare i bambini, mentre sono ancora relativamente poche le ricerche con gli studenti universitari. In particolare, il contributo trae origine e si sviluppa dai risultati di un progetto (“Data Lab UniTo 2020”) portato avanti dall’Università di Torino in partnership col CSI-Piemonte (Consorzio per il Sistema Informativo). Tale lavoro ha inteso costruire un modello di machine learning (ML) in grado di fornire previsioni sugli esiti di carriera degli studenti di alcuni Dipartimenti dell’Ateneo (par. 3).

Si è, così, scelto di programmare in forma sperimentale il *social robot* Pepper², supponendo di posizionarlo nell’atrio di ingresso dell’edificio “Palazzo Nuovo”, sede della Scuola di Studi Umanistici, cosicché possa acco-

2. www.softbankrobotics.com/emea/en/pepper.

gliere e dare informazioni utili agli studenti che lo desiderano. I contenuti veicolati dal robot, nonché le modalità di interazione programmate, fanno riferimento ai lavori in corso di sviluppo sul ML e a quanto è emerso da un'indagine esplorativa condotta su gruppo di studenti di Scienze dell'educazione (par. 4), tenendo altresì conto delle riflessioni emerse in letteratura (par. 2). Il presente lavoro, dunque, non verte su obiettivi e temi didattici specifici, ma è aperto ad aspetti più generali, di orientamento e supporto dei percorsi degli studenti all'interno dell'università. Nel caso illustrato – si potrebbe dire – si tratta di un supporto in senso “fisico”, di guida e indirizzo per gli allievi all'interno degli ambienti reali dove si svolgono le lezioni, e in modo “metaforico”, fornendo assistenza sulle loro carriere accademiche.

2. Social robot nei contesti educativi e universitari

Da circa un paio di decenni, i social robot sono stati impiegati in svariati settori e contesti (Mubin *et al.*, 2018). Per esempio, alcuni studi sono stati condotti con robot umanoidi negli hotel, dove hanno ricoperto il ruolo di receptionist per assistere gli ospiti (Zalama *et al.*, 2014), nei centri commerciali per fornire indicazioni sui servizi e prodotti (Niemelä *et al.*, 2019; Mende *et al.*, 2019; Kanda *et al.*, 2009), in ambienti di ufficio (Šabanović *et al.*, 2014), ecc. Alcuni umanoidi sono stati sperimentati come guide per turisti e viaggiatori in spazi pubblici, quali musei e aeroporti (Tonkin *et al.*, 2018; Joosse *et al.*, 2014), ma anche nelle biblioteche (Mubin *et al.*, 2020) o per agire da supporto e intrattenimento in un punto di servizio cittadino (Kaipainen *et al.*, 2018). Anche il settore della cura ha visto utilizzati diversi robot: per esempio, come allenatore fisico negli ospedali (Costa *et al.*, 2018), come compagni per gli anziani nei centri di terapia e riabilitazione (Wada *et al.*, 2007), come strumenti di ausilio alla diagnostica e per la somministrazione di questionari (Brignon *et al.*, 2022; Varrasi *et al.*, 2018) o, ancora, in funzione di assistenza alla terapia per bambini e giovani con spettro autistico (Saleh *et al.*, 2021; Pennisi *et al.*, 2016), ecc.

In questi ultimi dieci-quindici anni i social robot sono stati impiegati, in forma sperimentale, anche in campo educativo e formativo. In particolare, sono stati usati, seppur marginalmente, in quanto “robot”, come strumenti “passivi” per studiare specifiche discipline, come scienza, tecnologia, ingegneria e matematica (STEM)³, ma soprattutto, in quanto “social robot”,

3. Questo approccio è tipicamente basato sul Costruzionismo ed è relativo alla metodologia del “learning-by-making” (Harel, Papert, 1991). In questi anni tale prospettiva è stata utilizzata soprattutto con altre tipologie di robot, più piccoli e semplici dei social

come agenti pedagogici in grado di fornire esperienze didattico-educative agli studenti, attraverso l'interazione sociale (Lehmann, Rossi, 2019) [cfr. cap. 12 di Palmieri in questo stesso volume, *NdC*]. In questo secondo caso, i social robot sono partner attivi nell'ambiente di apprendimento e ne trasmettono i contenuti.

Molti lavori di ricerca sono stati condotti sui bambini (infanzia e primaria) e, in parte, su allievi della scuola secondaria di I e di II grado. Gli interventi si concentrano per lo più su risultati di tipo metacognitivo ed affettivo (come, per esempio il livello di attenzione sul compito dimostrato dallo studente, le emozioni positive manifestate nell'apprendimento, le risposte date e domande formulate al robot, ecc.) e sulle performance cognitive (livello di conoscenza acquisito, applicazione delle nozioni apprese, sintesi, ecc.) (Belpaeme *et al.*, 2018; Mubin *et al.*, 2013). Durante gli interventi educativi realizzati, i social robot hanno rivestito per lo più il ruolo di "tutor" e di "insegnante" degli allievi, a supervisione dell'apprendimento; in misura minore sono stati sperimentati come "compagni di studio", nel ruolo di pari (*peer-to-peer*), oppure come "novizi", a cui è lo studente stesso a dover insegnare le nozioni da apprendere. Al momento, i robot umanoidi sono impiegati in scenari ristretti e con un formato standard: lezioni ben definite e brevi su temi specifici, con una flessibilità relativamente contenuta rispetto al curriculum. È, tuttavia, possibile lavorare con un livello di personalizzazione più elevato in momenti di interazione col singolo allievo o in piccolo gruppo.

In generale, ricerche ed evidenze riguardanti i social robot in ambito universitario risultano scarse (Zhong, Xia, 2018; Spolaôr, Benitti, 2017). Gli studi sono stati condotti principalmente nel campo della computer science (Byrne *et al.*, 2017; Abildgaard, Scharfe, 2012) e della robotica (Gao *et al.*, 2018; Bolea *et al.*, 2016). Secondo alcuni ricercatori, i social robot potrebbero essere una risorsa di valore, specialmente in corsi accademici su larga scala (Byrne *et al.*, 2017; Cooney *et al.*, 2019). Tuttavia, in tali ambienti, caratterizzati da notevole complessità e mutevolezza, lo stato attuale della tecnologia non è ancora in grado di fornire un'adeguata assistenza agli studenti (Guggemos *et al.*, 2020). Sono ancora necessari studi (e sviluppi tecnologici) per comprendere meglio come i social robot possano agire da assistenti all'insegnamento o fornire supporto alla vita accademica di allievi e docenti. Di seguito sono riportati sinteticamente alcuni esempi di ricerca in tal direzione.

robot, spaziando da Lego MindStorm a BeeBot e ProBot, per citare alcuni esempi. In ambito di scuola secondaria o in accademia, i social robot sono talvolta utilizzati con questa modalità per apprendere gli strumenti di programmazione.

A Pittsburgh, nello stato della Pennsylvania (USA), ad inizio anni 2000 è stato sperimentato un social robot che prestava servizio nei pressi dell'ingresso principale della Carnegie Mellon University (Gockley *et al.*, 2005, 2006). Il social robot, chiamato "Valerie", era collocato dietro il bancone della portineria all'entrata e ha prestato servizio come *receptionist*. La sperimentazione ha coperto un arco temporale di nove mesi e, in quel periodo, il robot ha fornito alcune informazioni al pubblico, come, per esempio, il numero di ufficio della persona desiderata dallo studente o le indicazioni per raggiungerlo. Nella programmazione, a Valerie era anche stata assegnata una storia personale e dei tratti di personalità, poteva manifestare alcune emozioni e intrattenere gli utenti con dei brevi racconti. La macchina era costituita da una base mobile sulla quale era stato collocato uno schermo piatto orientabile, che mostrava nella grafica il volto di una donna. Il robot era anche in grado di percepire la distanza delle persone, in modo da interagire con quelle che erano in sua prossimità. Gli utenti potevano comunicare con Valerie mediante l'utilizzo di un computer collocato di fronte o a voce. I risultati della ricerca mettevano in evidenza le difficoltà nel sostenere un'interazione lunga tra robot e umano (più di 30 secondi), le differenze di comunicazione con frequentatori regolari e con avventori estemporanei della struttura universitaria, nonché alcune indicazioni per migliorare i dialoghi.

Passando a esperienze più recenti, in una sperimentazione svolta a Wuerzburg, in Germania, il social robot Pepper è stato impiegato come strumento di ausilio alla didattica universitaria (Donnermann *et al.*, 2020). L'umanoide è stato programmato per fornire un intervento complementare di *tutoraggio* per la preparazione di un esame di corso, a cui gli allievi, singolarmente, avevano facoltà di partecipare su base volontaria. Una volta con il social robot, ciascuno studente poteva scegliere su quali argomenti oggetto di esame desideravano fare pratica e Pepper poneva domande e forniva feedback. L'interazione avveniva sia in forma verbale sia non verbale, mediante l'utilizzo del tablet incorporato, la postura e i movimenti. Le successive interviste qualitative agli studenti mostravano un'impressione positiva generale dell'interazione: l'intervento ha avuto un impatto positivo sui risultati di apprendimento, seppure si evidenzino alcune criticità.

Sempre in forma di tutoraggio, Pepper, integrato con diverse funzioni di IA, è stato impiegato in sessioni di piccolo gruppo, per rispondere alle domande degli studenti inerenti a un corso introduttivo obbligatorio di scrittura accademica, a cui avevano appena assistito. Lo studio ha coinvolto un campione di circa 400 studenti dell'università di St. Gallen in Svizzera

(Guggemos *et al.*, 2020) e mostra come ci siano ancora difficoltà di impiego dei social robot, nonché di fiducia nei confronti di essi all'attuale stato dell'arte della tecnologia.

Uno studio greco indaga, invece, una nuova forma di insegnamento universitario, con un social robot nel ruolo di *professore*, e tenta di capire come questo possa influenzare i risultati di apprendimento degli studenti, nonché il grado di piacevolezza della lezione, se paragonata alla medesima tenuta da un docente umano (Velentza *et al.*, 2021). La lezione di 30 minuti di tempo è stata condotta dal social robot Nao, per gli studenti iscritti al primo anno di un corso obbligatorio di “Principi base di tecnologie di informazione e comunicazione”, presso il Dipartimento di Educazione e Politiche sociali dell'Università di Macedonia. I risultati mostrano una maggiore acquisizione di contenuti da parte degli studenti a cui la lezione è stata impartita dal docente umano, seppure anche quella con Nao si sia rilevata coinvolgente. La sperimentazione evidenzia altresì che – superata la fase di sorpresa iniziale suscitata dal robot, potenzialmente causa di distrazione dai contenuti – alcuni esiti appaiono promettenti.

Uno studio presso l'Israel Institute of Technology ha sperimentato l'utilizzo di un social robot per facilitare la collaborazione degli studenti coinvolti in attività in *gruppi di dimensioni ridotte* (Rosenberg-Kima *et al.*, 2020). Nella ricerca, Nao è stato impiegato in associazione all'utilizzo di un tablet e agevolava il lavoro tra gli studenti. In particolare, il robot introduce i compiti da svolgere, gestisce i tempi da dedicare ai singoli incarichi e incoraggia la discussione sulle tematiche da trattare. L'azione della macchina è stata paragonata a quella di un istruttore umano e a quella dell'impiego del solo tablet. I risultati dell'indagine quali-quantitativa evidenziano una correlazione tra la percezione del robot da parte degli studenti e i risultati delle attività di gruppo. Inoltre, il robot mostra una maggiore efficienza nell'agevolare la gestione del tempo.

Il social robot Pepper è stato impiegato nel ruolo di guida dentro l'università finlandese di Tampere, durante la settimana dedicata all'*orientamento* (Chowdhury *et al.*, 2020). Il robot è stato posizionato nell'atrio di uno degli edifici, a fianco della postazione dedicata all'orientamento, dove erano presenti tutor umani. Nell'attesa di parlare con il personale, gli studenti che lo desideravano potevano interagire anche col social robot. Pepper forniva informazioni utili al fine di supportare gli studenti in procinto di scegliere quale tipo di corso di studi frequentare. Il robot era anche stato programmato per funzionare da agente di socializzazione, per far conoscere tra di loro gli allievi; inoltre, forniva esperienze di intrattenimento e ricreative. La ricerca mostra interessanti risvolti, evidenziando, per

esempio, come i giovani studenti (future matricole universitarie) si siano mostrati esitanti ad interagire individualmente con queste nuove tecnologie e che molti di loro preferivano rapportarsi col robot in presenza di un piccolo gruppo. Il ruolo e l'influenza dei pari si è palesata nella ricerca anche quando gli studenti erano impegnati nei giochi a quiz proposti dal robot.

3. Il Progetto *DataLab UniTo 2020*: un machine learning per la previsione delle carriere universitarie

Il sistema universitario italiano è caratterizzato da un rilevante livello di dispersione studentesca, con un elevato numero di allievi che impiega più anni rispetto a quelli previsti per il conseguimento della laurea o che sceglie di abbandonare il percorso accademico. Sebbene l'ultimo "Rapporto Biennale sullo Stato del Sistema Universitario e della Ricerca" (ANVUR, 2018) preveda un progressivo miglioramento degli indicatori relativi al successo e all'abbandono per gli iscritti delle coorti più recenti, i dati destano attenzione. Gli studenti rappresentano gli utenti del sistema universitario, ma anche una delle più importanti risorse con cui un Paese costruisce il proprio futuro.

Per una struttura universitaria risulta, dunque, importante essere in grado di effettuare delle previsioni sugli esiti delle carriere accademiche dei propri studenti. Infatti, sapere se e quanti utenti sono a rischio di non completare il proprio percorso, consente all'università di intervenire con azioni di supporto e orientamento, aiutando quegli studenti a proseguire e ultimare gli studi.

In questi ultimi anni, un contributo importante in tal senso è venuto dalle tecnologie legate all'IA, capaci di analizzare cospicue quantità di dati relativi a una certa realtà complessa (nel nostro caso, il sistema universitario) e di trovare all'interno di essi delle "regolarità" e delle tendenze, utili ai *decision makers* ai vari livelli e organi accademici per effettuare scelte strategiche di prevenzione e sostegno.

In questa direzione, l'Università degli Studi di Torino ha voluto portare avanti un progetto sperimentale (*DataLab UniTo 2020*), costruendo un modello di machine learning in grado di fornire previsioni sugli esiti di carriera degli studenti di alcuni Dipartimenti dell'Ateneo. Allo sviluppo del prototipo di servizio hanno partecipato, in particolare, tre Dipartimenti (Giurisprudenza, Filosofia e Scienze dell'Educazione, Culture Politiche e Società), la Direzione Didattica e Servizi agli Studenti (per la gestione dei dati, indicatori e procedure di ateneo) e il SIPE (Direzione Sistemi Infor-

mativi, Portale, E-learning di UniTo). Il lavoro è stato svolto in partnership col CSI-Piemonte, con sede anch'esso a Torino⁴.

Si tratta di un lavoro ampio e articolato, che si è rivelato promettente, così da essere stato esteso a livello di Ateneo. Il presente paragrafo ne fa cenno, per evidenziarne alcuni aspetti legati all'implementazione e integrazione del servizio col social robot Pepper. Per una presentazione più di dettaglio e relativa al Dipartimento di Scienze dell'Educazione, si rimanda a Brignone (2022).

Nel progetto, i dati sui percorsi accademici degli iscritti sono stati analizzati in un'ottica di previsione degli esiti, per capire in quanto tempo uno studente si laurea (in corso o con quanti anni fuoricorso si prevede ottenga il titolo) oppure interrompe gli studi abbandonando l'università⁵ e, ancora, quali esami supera e con quali risultati. Il fine ultimo del lavoro come già detto, è di fornire informazioni utili agli organi decisionali dell'Ateneo torinese (Dipartimenti, Scuole, ecc.) per organizzare azioni di recupero nei casi di situazioni problematiche, in particolare di prevenzione al fenomeno dei fuoricorso o dell'abbandono universitario. Si tratta, dunque, di creare uno strumento che possa indirizzare e supportare le scelte didattiche e di orientamento (es. didattica on-line, percorsi personalizzati, tutoring, ecc.), che si integra e va a ottimizzare i servizi già presenti in Ateneo.

Per ottenere una panoramica sui dati aggregati a livello di dipartimento o di corsi di studi, è stato impiegato *Power BI*, un software che consente di raccogliere e analizzare dati anche non immediatamente correlati e provenienti da file di origine diversa, di connetterli e trasformarli in un insieme coerente di informazioni e, soprattutto, di presentarli – visivamente e in modo sintetico – mediante dei “cruscotti”, consultabili in modo interattivo. Tali cruscotti (o pagine) sono denominati *dashboard*. Nel progetto sperimentale sono state realizzate una serie di dashboard che mettono a fuoco dimensioni e ambiti specifici relativi agli studenti e alla loro carriera accademica (es.: dati socio-anagrafici, diploma di maturità, laurea), nonché i dati riferiti alle elaborazioni del ML.

4. Il CSI-Piemonte ha tra le sue finalità quella di realizzare forme di collaborazione tra Enti pubblici ed Atenei, utili a supportare ciascuna istituzione a conseguire i rispettivi fini nei campi della programmazione, della ricerca, della didattica e della gestione operativa dei servizi erogati.

5. Nel modello di ML, i dati sono stati elaborati e raccolti nelle seguenti classi di previsione: laurea “in corso”, laurea “1-2 anni fuoricorso”, laurea “oltre i 2 anni fuoricorso” oppure “abbandono”. Si ricorda che, nel complesso, la ricerca si è basata sulla “storia accademica” di circa 34 mila studenti iscritti ai corsi del Dipartimento di Filosofia e Scienze dell'Educazione, i quali, tra il 2009 e il 2018 hanno sostenuto con esito positivo globalmente più di mezzo milione di esami.

Il lavoro ha previsto altresì la realizzazione di un'interfaccia grafica che dia la possibilità di visualizzare i dati anche a livello di dettaglio. È stato infatti ipotizzato e realizzato un primo simulatore sperimentale che permette, al singolo studente, di ottenere una previsione sui propri tempi di conclusione della carriera di studi (Fig. 1). Le informazioni necessarie al sistema sono inserite manualmente e in forma anonima dall'utente e fanno riferimento al percorso di studi individuale (es. Corso di Studi attualmente frequentato dall'allievo, CFU⁶ conseguiti fino a quel momento, anno di prima iscrizione, ecc.). La stima che si ottiene si basa sui risultati ottenuti dal ML sui dati storici dell'Università e, nel prosieguo del progetto, è intesa a carattere orientativo e di supporto allo studente.

torna alla pagina www.unibo.it/
 Simulatore sperimentale realizzato da UNITO in collaborazione con CSI, che permette di ottenere una previsione sui tempi di conclusione della propria carriera di studi, attraverso un processo di intelligenza artificiale (machine learning). I risultati sono indicativi e basati sui dati storici dell'Università. **I dati inseriti non vengono salvati e rimangono anonimi.**

MyCarriera

Ambito universitario

Dipartimento
 Filosofia e Scienze della formazione

Corso di studio

Anni d'iscrizione al corso di studio (compreso l'attuale) ①
 18

Ultima finestra temporale di riferimento (conclusa) ①
 Dicembre - Febbraio

Dati anagrafici

Età di prima iscrizione al corso di studio ①

Impegno
 Part time

Provenienza ①
 Fuori sede

Viaggiatore ①
 Pendolare

Maturità

Maturità conseguita ①
 Altro

Voto di maturità ①

Voto massimo previsto ①
 100

Carriera universitaria attuale

Totale CFU con voto

Totale CFU con sola idoneità

Media ponderata voti esami

Se mantieni questo impegno, stimiamo il tuo tempo di laurea in:

Prevedi carriera

Fig. 1 - Form che il singolo studente deve compilare per ottenere una stima di previsione degli esiti della propria carriera

6.. Crediti Formativi Universitari.

A questa ultima sezione del progetto di ricerca DataLab si aggancia il lavoro di programmazione col social robot qui descritto (par. 5). Pepper, una volta completata e resa operativa l'interfaccia utente, potrà fare riferimento al servizio e fornire egli stesso la stima degli esiti di carriera al singolo studente, qualora questi desideri averne contezza. Il robot potrà così agire da “ponte”, intermediario tra la previsione fornita dal ML, l'allievo e i servizi di orientamento universitari.

4. User-centred design: la prospettiva degli studenti sull'impiego di Pepper

Al fine di comprendere le possibilità di utilizzo del social robot da parte degli utenti nell'atrio dell'edificio universitario Palazzo Nuovo, sede della Scuola di Studi Umanistici, è stata condotta un'indagine esplorativa su un piccolo gruppo di studenti frequentanti un corso di robotica educativa presso il Dipartimento di Scienze dell'Educazione dell'Università di Torino. Il campione, ovviamente non rappresentativo della popolazione studentesca del dipartimento, consta di 17 studenti (13 femmine, 4 maschi) appartenenti a una laurea triennale e a una magistrale a ciclo unico di cinque anni. Questi hanno avuto modo di conoscere il robot Pepper durante il corso e ne conoscono le funzionalità. Le loro opinioni, espresse anche con cognizione dello strumento robotico, possono fornire utili indizi sui possibili bisogni e richieste degli studenti nel loro complesso.

Nella breve intervista a domande aperte (secondo un approccio qualitativo della ricerca) è stato chiesto quali informazioni riterrebbero utili che il robot umanoide potesse fornire loro, come studenti, qualora lo incontrassero, per così dire “in postazione e operativo”, all'ingresso della struttura. La totalità degli intervistati ha risposto – ricordando, taluni, il senso di “spaesamento” da matricola al primo anno – che vorrebbe avere informazioni sulla dislocazione delle aule dei corsi, anche mediante la visualizzazione sul tablet di planimetrie dell'edificio. La maggior parte ha poi indicato richieste sull'orario di lezione dei professori, nonché aggiornamenti sul ricevimento docenti ed esami. Altri hanno indicato informazioni relative alla segreteria studenti. Ulteriori interventi hanno poi puntato sulla richiesta della media ponderata dei voti dei propri esami e, più in generale, di integrare le funzioni dell'app “MyUnito” (a disposizione dello studente e relativa allo stato della propria carriera universitaria e ai corsi di studio) con le funzionalità di Pepper. Altri studenti ancora vorrebbero ricevere consigli sul come affrontare al meglio gli esami, fino a informazioni di carattere più vario, come suggerimenti sui posti dove pranzare nell'area

dell'università o la presenza di eventi cittadini a cui partecipare o, ancora, la rilevazione della temperatura corporea (ricordiamo che tali interviste sono state condotte durante la pandemia Covid-19).

Alla domanda se preferirebbero ricevere informazioni relative alla didattica da uno schermo interattivo oppure da Pepper, la gran parte si è espressa a favore del secondo, ritenendo l'interazione col robot più coinvolgente, empatica e simile a quella umana. Lo schermo interattivo, tuttavia, è visto come uno strumento più rapido per ottenere le informazioni desiderate e, inoltre, meno soggetto a errori dovuti alla comprensione del dialogo parlato (*speech recognition*).

Da ultimo, agli studenti è stato chiesto di esprimersi in relazione alla possibilità di dotare il social robot della capacità di fornire ai singoli utenti una previsione sugli esiti della propria carriera universitaria (come, per esempio, una stima generale sul tempo impiegato per laurearsi) e, inoltre, quali informazioni Pepper potrebbe fornire a sostegno della positiva conclusione del percorso accademico. Le opinioni manifestate su questo tema delineano un atteggiamento ambivalente, che va dall'accettazione positiva fino a un diniego problematizzante. Alcuni la riterrebbero un'opportunità, utile e di interesse e, per certi versi, motivante e sfidante, che inciterebbe a fare meglio e impegnarsi di più, qualora le previsioni del robot non incontrassero le aspettative dello studente. Altri invece ne evidenziano gli aspetti di rischio, come la creazione di ansia e stress, se Pepper fornisse una risposta non conforme alle aspirazioni dell'utente. Ammesso che la previsione fornita sia corretta, dicono, sarebbe o una conferma di ciò che lo studente ha già più o meno immaginato autonomamente sull'esito della propria carriera, oppure il manifestare una realtà difforme che potrebbe anche creare disagio o sconforto. Per la gran parte degli studenti sarebbe molto utile ricevere suggerimenti a supporto della propria carriera, un po' come se il robot assumesse il ruolo di "tutor" che – attraverso un atteggiamento costruttivo e incoraggiante – ascolta le richieste e fornisce indicazioni utili di varia natura: sul come meglio preparare un esame che risulta più difficoltoso, che ricordi le scadenze amministrative o indirizzi verso i docenti e il personale competente su certi temi o problematiche o, ancora, indichi i referenti con funzioni di aiuto allo studio, ecc. In sintesi, una sorta di "esperto", che faccia da "ponte" tra lo studente e i docenti o, comunque, verso il reperimento di informazioni utili per affrontare proficuamente e al meglio il percorso universitario.

5. Pepper a supporto delle carriere degli studenti

Il progetto è stato realizzato utilizzando *Choregraphe* (v. 2.5.10)⁷, software proprietario di *SoftBank Robotics*, azienda produttrice di Pepper. Nel complesso, il programma implementato nell'interfaccia è costituito da sei "parti" principali, che gestiscono l'interazione tra il robot e il soggetto umano. Ciascuna delle sei macro-componenti si avvale di strutture di gestione del dialogo e di elementi necessari al funzionamento della macchina, come per esempio, servizi di IA, consultazione dati, funzionamento hardware, ecc. La prima sezione gestisce l'avvio dell'interazione con un potenziale studente. Pepper è posizionato all'interno dell'atrio di Palazzo Nuovo e si trova, per così dire, in uno stato di "attesa vigile": attraverso i suoi sensori presta attenzione agli stimoli che riceve dall'ambiente circostante e si orienta verso una persona, guardandola, qualora ne identifichi la presenza. Il robot mantiene il focus su di essa, se questa si avvicina, oppure si rimette in cerca di nuovi segnali se l'utente prosegue il cammino o, per qualche ragione, ne viene perso il segnale. Per convenzione sociale, dopo la prima fase di contatto, solitamente la conversazione ha inizio quando una parola di saluto (o un gesto) viene proferita da uno degli attori presenti. Nel prototipo sperimentale si è scelto di far avviare il dialogo dal soggetto umano, quando questo si avvicina al robot e, per primo, lo saluta, per esempio con un "ciao" o un'altra espressione. Tuttavia, prevedendo altre casistiche, Pepper potrebbe attirare attivamente l'attenzione dell'utente, per esempio con un cenno della mano e iniziare il discorso per primo (Holthaus, Wachsmuth, 2021; Saad *et al.*, 2019). Dopo aver ricambiato il saluto, il robot si presenta e spiega brevemente quali sono le ragioni per le quali si trova nell'edificio ("Sono un robot assistente e mi trovo a Palazzo Nuovo per aiutare le studentesse e gli studenti a orientarsi"). Successivamente, Pepper raccoglie alcuni dati in modo autonomo sulla persona che ha di fronte, per tentare di migliorare il più possibile l'efficacia dell'interazione ("Attendi solo un attimo che avvio i miei sistemi. Adesso uso i miei sensori per raccogliere alcuni dati e per cercare di interagire con te al meglio che posso"). Il robot, infatti, attraverso l'utilizzo delle telecamere e dei servizi di intelligenza artificiale di cui è dotato, stima il genere, l'età e l'umore dello studente coinvolto e si rivolgerà a questi contestualizzando il dialogo. Se per esempio la persona in questione, su richiesta del robot, conferma di

7. www.softbankrobotics.com/emea/en/support/pepper-naoqi-2-9/downloads-softwares. Nella pagina web sono presenti diverse versioni del software da scaricare (ultima visita: settembre 2022).

essere una femmina con un'età minore di trent'anni, Pepper si rivolgerà a lei, identificandola come “una ragazza”, viceversa si rivolgerà a lei come a “una donna”⁸. Nel processo non vengono memorizzate fotografie o richieste i nomi degli utenti coinvolti nell'interazione sia per i fini generali per cui si è implementata l'interazione sia per ragioni di privacy.

Dopo questa prima fase di “engagement” (primo coinvolgimento nell'interazione), Pepper presenta i servizi che può offrire allo studente, sia a voce sia attraverso un menu sul tablet (Fig. 2). Questa seconda sezione del programma è il “nocciolo” di gestione dello scambio comunicativo, che orienta il robot verso le successive altre quattro parti del dialogo, in risposta alle richieste fornite dall'utente. Nel progetto implementato Pepper può (1) indicare dove sono dislocate le aule all'interno dell'edificio Palazzo Nuovo, (2) fornire informazioni sull'orario e il luogo di ricevimento dei docenti, nonché sui rispettivi corsi erogati e sugli esami. Da ultimo, può (3) mostrare l'orario della segreteria studenti oppure (4) dare alcuni consigli utili per proseguire in modo proficuo la carriera universitaria.

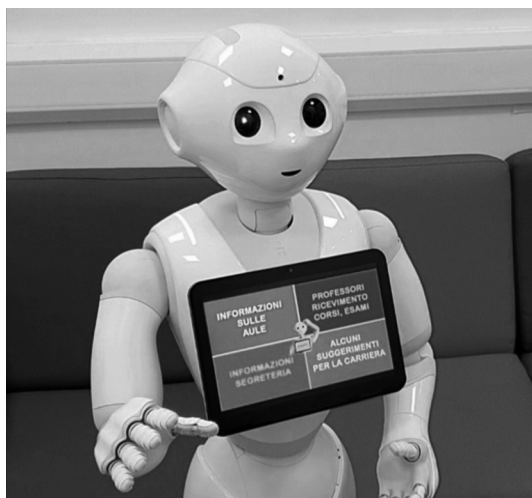


Fig. 2 - Il tablet di Pepper mostra le quattro principali aree tematiche sulle quali il robot può fornire informazioni e interagire con le studentesse e gli studenti [Foto di S. Brignone, presso il COROLAB - University of Manchester, giugno 2022]

8. Nella fase di implementazione si è lasciata aperta la possibilità che lo studente/la studentessa possa decidere in che modo preferisca il robot si rivolga a lui/lei (anche in un'ottica di schema non binario maschio/femmina).

Per quanto riguarda la localizzazione delle aule, le indicazioni sono fornite a voce dal robot ed è possibile visualizzare sul tablet una mappa del piano dove si trova la stanza desiderata. Le informazioni relative alla didattica dei docenti sono date verbalmente, in relazione al luogo e all'orario di ricevimento di un professore specifico; mentre per ottenere indicazioni di dettaglio sui corsi o sugli esami, Pepper avvia il tablet che ha sul suo petto, visualizza le pagine di riferimento dell'università e consente agli studenti di consultarle in modo autonomo. Nella fase di implementazione del software, poi, si è scelto di utilizzare solo l'orario di apertura della segreteria, ovviamente lasciando aperta la possibilità a future integrazioni di servizi. Da ultimo Pepper è in grado di fornire alcune informazioni relative al proseguimento della carriera dello studente. Questa macro-area del dialogo fa riferimento ai servizi di intelligenza artificiale descritti nel par. 3 e, in particolare, all'interfaccia grafica che fornisce una stima degli esiti di carriera a livello individuale (v. ancora Fig. 1). In questa prima fase di sperimentazione, si è scelto di realizzare una demo, non ancora agganciata ai dati reali del ML. In essa, il robot presenta all'utente le funzioni cui sta per accedere:

“Questa è una funzione un po' speciale. Attraverso lo studio delle carriere degli studenti che ti hanno preceduto negli anni passati, sono in grado di fornire alcune informazioni che potrebbero tornarti utili a supporto della tua carriera. Per poter accedere a questo servizio, avrei bisogno di chiederti alcune informazioni sul tuo percorso di studi. Sei d'accordo?”.

Nel seguito, se lo desidera, l'utente comunica a Pepper alcuni dati relativi alla propria carriera accademica (corso di studi a cui si è iscritti e da quanti anni, i CFU acquisiti, la media ponderata dei voti degli esami) e il robot li rielabora attraverso un'interfaccia *Python*, fornendo indicazioni sulla previsione di carriera. In sintesi, Pepper intende fornire un aiuto agli studenti che possono aver incontrato difficoltà e ritardi nel corso della loro carriera, indirizzando loro verso servizi di supporto agli studi presenti in università. Di seguito e a titolo di esempio, è presentato un estratto delle indicazioni di Pepper:

“[...] posso dirti che altri studenti e studentesse, che si sono trovati in una condizione in qualche modo simile alla tua, hanno avuto la tendenza ad accumulare un ritardo che va da qualche mese fino a circa due anni per il conseguimento della laurea. Il lavoro o altre motivazioni li hanno indotti a un allungamento dei tempi. Ricorda che questo è solo un dato statistico, basato sulle informazioni che ho a disposizione al momento. Ovviamente sta a te scrivere la tua storia personale nel modo migliore possibile per il tuo futuro. Se lo ritieni utile posso indicarti alcuni servizi a supporto della tua carriera [...]”.

Una volta completato lo sviluppo della piattaforma web, è possibile ag-ganciare il software di Pepper al servizio di previsione vero e proprio e lo studente potrà ricevere le informazioni appropriate che desidera sia a voce sia mediante l'utilizzo del tablet, nonché indicazioni sulle figure di riferi-mento da contattare per il supporto alla propria carriera.

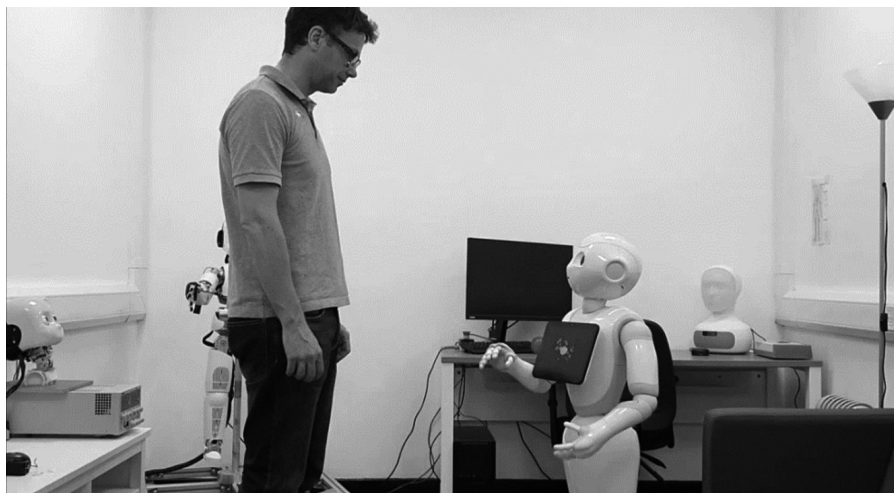


Fig. 3 - Un momento durante la sperimentazione dell'interazione tra il social robot Pepper e un utente [Foto di S. Brignone, presso il COROLAB - University of Manchester, giugno 2022]

6. Conclusioni

In una società in rapido cambiamento, un numero crescente di studi sembra confermare come sia promettente l'impiego dei social robot nel settore dell'educazione, da affiancarsi all'azione pedagogica, formativa e di indirizzo dell'essere umano. Il presente contributo si inserisce in questo filone, mostrando come tali macchine possano essere utili strumenti di accoglienza, a supporto di forme di orientamento nei percorsi degli studenti all'interno dell'università, intesa come "spazio fisico" attraverso cui muoversi e, soprattutto, come "spazio metaforico", luogo culturalmente ricco e ampio, fatto di norme, orari, lezioni, esami sostenuti e da sostenere, nonché di un percorso da completare per giungere alla laurea. Il social robot, in questo senso, si può collocare come un intermediario, cioè come un attore sociale che diventa collettore e veicolo di informazioni relative

alla vita accademica di docenti e allievi. Esso fa da tramite tra la struttura universitaria globalmente intesa (e dei dati digitali in essa archiviati) e gli studenti che la popolano, avvisando questi ultimi, per esempio, sulle aule e sulle attività dei docenti. In aggiunta, come nel caso qui illustrato, il social robot si può caratterizzare come fonte utile a supporto alla carriera stessa degli utenti, elemento di contatto coi servizi agli studi presenti in università. E ciò si rivela di potenziale interesse sia per gli studenti iscritti al primo anno sia per chi, lungo il percorso formativo, può aver incontrato qualche difficoltà.

Guardando al presente lavoro, una volta completata l'interfaccia web per il servizio di ML (il form del simulatore sperimentale ad uso del singolo utente), è necessario agganciare tale strumento alla piattaforma di Pepper, in modo che esso possa accedere ai dati e, basandosi su questi, comunicare con gli studenti. Successivamente si procederà a una sperimentazione sul campo, per raccogliere e comprendere quali riscontri emergono dall'interazione con gli utenti, nonché rivedere le parti software e del dialogo.

In prospettiva, un'ulteriore ipotesi di sviluppo potrebbe essere quella di integrare le funzionalità di Pepper con i servizi già presenti nell'app "MyUnito", in cui sono contenuti set di informazioni e servizi che, per quanto riguarda lo studente, sono relativi alla didattica e allo stato della sua carriera universitaria nell'ateneo torinese. Così facendo – si suppone – tutti questi dati prenderanno "corpo" e, forse, una nuova valenza perché veicolati attraverso la presenza fisica del social robot. Tali macchine vanno a configurarsi, pertanto, come uno strumento complementare di interazione, al pari di un tablet o di un cellulare, ma con delle potenzialità in più, offrendo comunicazione e coinvolgimento maggiori per l'essere umano.

Al momento, al fine di costruire un'interazione rilevante per il soggetto, il social robot deve essere programmato su compiti specifici e lo scambio comunicativo avviene in un tempo ridotto e con determinate modalità. La struttura del dialogo possiede tendenzialmente una "base fissa", seguendo regole che consentono al sistema di rispondere a certe tipologie di domande, pur presentando talune variazioni.

Nel caso qui illustrato, Pepper informa gli studenti sulle sue funzioni ed evidenzia anche i suoi limiti, per renderne consapevole chi gli sta di fronte ed evitare così l'effetto *uncanny valley*. In ogni parte del dialogo, inoltre, il robot spiega quali azioni compie (*explainable AI and Robotics*). Infatti, le macchine che hanno potenzialmente alti livelli di autonomia possono essere difficili da comprendere per un essere umano o comunque generare sospetto o diffidenza, se queste non esibiscono un qualche grado di trasparenza rispetto alle decisioni che prendono e alle azioni che

compiono. Da ultimo, nell'interazione tra essere umano e robot, la persona resta sempre titolare dell'iniziativa di azione e nel dialogo può decidere di interrompere la comunicazione, qualora non desideri più proseguire.

Come ricordano Donnermann *et al.* (2020), la ricerca di base è necessaria per lo sviluppo di questo campo, per generare conoscenza su come un social robot possa essere integrato nella "vita quotidiana" di studenti e docenti. Una progettazione basata sull'utente fornisce spunti di riflessione per scoprire non soltanto come il robot e il suo comportamento devono essere realizzati, ma anche in quale ruolo e in quale contesti/situazioni può essere meglio impiegato in università.

Nel futuro, restano evidentemente da risolvere numerose ed ardue sfide tecnologiche (oltre che etiche), di cui riportiamo di seguito solo alcuni esempi: la raccolta delle informazioni dall'ambiente attraverso i sensori, un'efficace analisi dei dati (es. riconoscimento di immagini e suoni) che passa attraverso la decodifica dei segnali rilevanti, l'interpretazione della comunicazione verbale e non verbale e dei significati che essa veicola, una corretta lettura dell'ambiente sociale per rispondere in modo appropriato alle persone e ai contesti, ecc.

Riferimenti bibliografici e sitografici

- Abildgaard J.R., Scharfe H. (2012), "A geminoid as lecturer", in Ge S.S., Khatib O., Cabibihan J.J., Simmons R., Williams M.A., Eds., *Social Robotics - Proceedings of the 4th International Conference, ICSR 2012*, Chengdu, China, pp. 408-417.
- ANVUR (2018), *Rapporti sullo Stato del Sistema Universitario e della Ricerca. Rapporto 2018*. www.anvur.it/documenti-ufficiali/rapporti-sullo-stato
- Bartneck C., Belpaeme T., Eyssel F., Kanda T., Keijsers M., Šabanović S. (2020), *Human-robot interaction: An introduction*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Belpaeme T. (2022), "Human-Robot Interaction", in Cangelosi A., Asada M., Eds., *Cognitive robotics*, MIT Press.
- Belpaeme T., Kennedy J., Ramachandran A., Scassellati B., Tanaka F. (2018), "Social robots for education: A review", *Science robotics*, 3, 21, pp. 1-9.
- Breazeal C., Dautenhahn K., Kanda T. (2016), "Social robotics", in Siciliano B., Khatib O., Eds., *Springer Handbook of Robotics*, Springer Cham, pp. 1935-1971.
- Bolea Y., Grau A., Sanfeliu A. (2016), "From research to teaching: Integrating social robotics in engineering degrees", *International Journal of Computer, Electrical, Automation, Control and Information Engineering*, 10, 6, pp. 1020-1023.

- Brignone S. (2022), “Un machine learning per la valutazione delle carriere universitarie”, *Rassegna italiana di valutazione* (in corso di pubblicazione).
- Brignone S., Falco A., Palmieri S., Grimaldi R. (2022), “Il contributo del social robot Pepper durante la campagna anti-Covid-19”, in Grimaldi R., a cura di, *La società dei robot*, Mondadori, Milano.
- Byrne B.M., Rossi A., Doolan M. (2017), “Humanoid robots attending lectures”, in *Proceedings of the 9th International Conference on Education Technology and Computers, ICETC*, Barcelona, Spain.
- Cangelosi A., Asada M., Eds. (2022), *Cognitive robotics*, MIT Press.
- Cangelosi A., Schlesinger M. (2015), *Developmental robotics: From babies to robots*, MIT Press.
- Chowdhury A., Ahtinen A., Kaipainen K. (2020), “‘The superhero of the university’. Experience-driven design and field study of the university guidance robot”, in *Proceedings of the 23rd International Conference on Academic Mindtrek*, pp. 1-9.
- Cooney M., Leister W. (2019), “Using the engagement profile to design an engaging robotic teaching assistant for students”, *Robotics*, 8, 1, pp. 1-26.
- Costa A., Martinez-Martin E., Cazorla M., Julian V. (2018), “PHAROS - PHysical Assistant ROBOT System”, *Sensors*, 18, 8, 2633, pp. 1-19.
- Donnermann M., Schaper P., Lugin B. (2020), “Integrating a social robot in higher education - a field study”, in *2020 29th IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)*, pp. 573-579.
- Gao Y., Barendregt W., Obaid M., Castellano G. (2018), “When robot personalisation does not help: insights from a robot-supported learning study”, in *Proceedings of the 27th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, Nanjing, pp. 705-712.
- Grimaldi R. (2022), *La società dei robot*, Mondadori, Milano.
- Gockley R., Bruce A., Forlizzi J., Michalowski M., Mundell A., Rosenthal S., ... Wang J. (2005), “Designing robots for long-term social interaction”, in *2005 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp. 1338-1343).
- Gockley R., Forlizzi J., Simmons R. (2006), “Interactions with a moody robot”, in *Proceedings of the 1st ACM SIGCHI/SIGART conference on Human-robot interaction*, pp. 186-193.
- Guggemos J., Seufert S., Sonderegger S. (2020), “Humanoid robots in higher education: Evaluating the acceptance of Pepper in the context of an academic writing course using the UTAUT”, *British Journal of Educational Technology*, 51(5), pp. 1864-1883.
- Harel I., Papert S. (1991), *Constructionism*, Ablex, Norwood, New Jersey.
- Holthaus P., Wachsmuth S. (2021), “It was a Pleasure Meeting You. Towards a Holistic Model of Human-Robot Encounters”, *International Journal of Social Robotics*, 13, 7, pp. 1729-1745.
- IFR, International Federation of Robotics (2021), *Executive Summary World Robotics 2021 - Service Robots*. <https://ifr.org>
- Joose M.P., Poppe R.W., Lohse M., Evers V. (2014), “Cultural differences in how an engagement-seeking robot should approach a group of people”, in

- Proceedings of the 5th ACM international conference on Collaboration across boundaries: culture, distance & technology*, pp. 121-130.
- Kaipainen K., Ahtinen A., Hiltunen A. (2018), “Nice surprise, more present than a machine: Experiences evoked by a social robot for guidance and edutainment at a city service point”, in *Proceedings of the 22nd International Academic Mindtrek Conference*, pp. 163-171.
- Kanda T., Shiomi M., Miyashita Z., Ishiguro H., Hagita N. (2009), “An affective guide robot in a shopping mall”, in *Proceedings of the 4th ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction*, pp. 173-180.
- Korn O., Ed. (2019), *Social robots: Technological, societal and ethical aspects of human-robot interaction*, Springer Cham, Berlin/Heidelberg.
- Lehmann H., Rossi P.G. (2019), “Social robots in educational contexts: Developing an application in enactive didactics”, *Journal of e-Learning and knowledge Society*, 15, 2, pp. 27-41.
- Mende M., Scott M.L., van Doorn J., Grewal D., Shanks I. (2019), “Service robots rising: How humanoid robots influence service experiences and elicit compensatory consumer responses”, *Journal of Marketing Research*, 56, 4, pp. 535-556.
- Mubin O., Ahmad M.I., Kaur S., Shi W., Khan A. (2018), “Social robots in public spaces: a meta-review”, in *Social Robotics: 10th International Conference. Icsr 2018*, Qingdao, China, November 28-30, Proceedings, Springer Cham, pp. 213-220.
- Mubin O., Kharub I., Khan A. (2020), “Pepper in the Library: Students’ First Impressions”, in *Extended Abstracts of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1-9.
- Mubin O., Stevens C.J., Shahid S., Mahmud A.A., Dong J.J. (2013), “A review of the applicability of robots in education”, *Technology for Education and Learning*, 1, 1, pp. 1-7.
- Niemelä M., Heikkilä P., Lammi H., Oksman, V. (2019), “A social robot in a shopping mall: studies on acceptance and stakeholder expectations”, in Korn O., Ed., *Social robots: Technological, societal and ethical aspects of human-robot interaction*, Springer Cham, Berlin/Heidelberg, 119-144.
- Onchi E., Lucho C., Sigüenza M., Trovato G., Cuellar F. (2016), “Introducing IOmi-A female robot hostess for guidance in a university environment”, in *International Conference on Social Robotics*, Springer, Cham, pp. 764-773.
- 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, pp. 165-183.
- Rosenberg-Kima R.B., Koren Y., Gordon G. (2020), “Robot-supported collaborative learning (RSCL): Social robots as teaching assistants for higher education small group facilitation”, *Frontiers in Robotics and AI*, 6, 148, pp. 1-12.
- Saad E., Neerinx M.A., Hindriks K.V. (2019), “Welcoming robot behaviors for drawing attention”, in *2019 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*, pp. 636-637.

- Šabanović S., Reeder S.M., Kechavarzi B. (2014), “Designing robots in the wild: In situ prototype evaluation for a break management robot”, *Journal of Human-Robot Interaction*, 3(1), pp. 70-88.
- Saleh M.A., Hanapiah F.A., Hashim H. (2021), “Robot applications for autism: a comprehensive review”, *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 16, 6, pp. 580-602.
- Siciliano B. (2019), “Robots are with us, within us and among us”, *Design and technologies*, 67, 19, pp. 43-51.
- Siciliano B. (2020), voce *Robotica*, in *Atlante Treccani*, www.treccani.it/magazine/atlante/cultura/Robotica.html (ultima visita settembre 2022).
- Siciliano B., Khatib O. (2016), *Springer Handbook of Robotics*, Springer, Cham.
- Spolaôr N., Benitti F.B.V. (2017), “Robotics applications grounded in learning theories on tertiary education: A systematic review”, *Computers & Education*, 112, pp. 97-107.
- Tonkin M., Vitale J., Herse S., Williams M.A., Judge W., Wang X. (2018), “Design methodology for the ux of hri: A field study of a commercial social robot at an airport”, in *Proceedings of the 2018 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, pp. 407-415.
- Varrasi S., Di Nuovo S., Conti D., Di Nuovo A. (2018), “A social robot for cognitive assessment”, in *Companion of the 2018 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, pp. 269-270.
- Velentza A.M., Fachantidis N., Lefkos I. (2021), “Learn with surprize from a robot professor”, *Computers & Education*, 173, pp. 1-10.
- Wada K., Shibata T. (2007), “Living with seal robots - its sociopsychological and physiological influences on the elderly at a care house”, *IEEE Transactions on Robotics*, 23, 5, pp. 972-980.
- Wang X.V., Wang L. (2021), “A literature survey of the robotic technologies during the COVID-19 pandemic”, *Journal of Manufacturing Systems*, 60, pp. 823-836.
- Yang G.Z., Dario P., Kragic D. (2018), “Social robotics-trust, learning, and social interaction”, *Science Robotics*, 3, 21, pp. 1-2.
- Zalama E., García-Bermejo J.G., Marcos S., Domínguez S., Feliz R., Pinillos R., López J. (2014), “Sacarino, a service robot in a hotel environment”, in *ROBOT2013: First Iberian robotics conference*, Springer, Cham, pp. 3-14.
- 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, pp. 79-101.

12. Un social robot per la rilevazione e valutazione della conoscenza dei concetti di relazione spazio-temporale degli alunni della scuola primaria

di *Silvia Palmieri*

1. Premessa

I sistemi e le tecnologie, grazie all'intelligenza artificiale (IA), hanno permesso alla ricerca scientifica di sviluppare macchine via via sempre più antropomorfe, in grado di comunicare con le persone che le usano e di comprendere i comportamenti sociali. Robot autonomi interagiscono e comunicano con gli esseri umani seguendo comportamenti sociali e regole legate al loro ruolo. Sono capaci di un apprendimento automatico, dotati di una visione e di un'intelligenza artificiale (IA) che permette loro di riconoscere gli oggetti, di utilizzare la biometria per identificare o memorizzare l'identità di una persona e le sue emozioni, e di comprenderne il linguaggio naturale.

L'insieme di queste caratteristiche permette di intravedere e sviluppare nuovi scenari educativi; la visione della macchina e il machine learning (ML) consente sia ai robot industriali e sia a quelli sociali di comprendere, lavorare e collaborare con le persone e di esprimere una varietà di emozioni utilizzando gesti, movimenti del corpo, comandi vocali ed espressioni facciali. I robot diventano così mediatori amichevoli per fornire servizi pertinenti agli utenti che interagiscono con essi. Per agevolare la comunicazione utilizzano una vasta gamma espressiva di toni vocali. Per questo motivo vengono utilizzati in servizi sociali che coinvolgono vari ambiti, come ad esempio la sanità e l'istruzione.

2. Nuovi scenari dei social robot

Un social robot è un'intelligenza artificiale incarnata, è come un computer che è in grado di riprodurre funzioni logiche della mente umana, all'interno però di un corpo fisico (*embodying*). Questo ci porta quindi a

delle prestazioni un po' diverse rispetto ai servizi degli "Smart Speaker" (dell'assistente personale intelligente) come Alexa, Siri, e Google Home; in questo senso non è soltanto una voce, ma qualcosa che ha un corpo, che si muove in uno spazio, includendo tutte quelle relazioni che sono prevalentemente di tipo non verbale. Dunque un robot che ha un corpo sostituisce uno dei due umani nella relazione. È un dispositivo che svolge dei compiti in maniera automatizzata per migliorare il lavoro e la vita delle persone, che si prende cura e cerca di rendere il più possibile personalizzata l'interazione.

In molte ricerche in ambito educativo è stato evidenziato il ruolo positivo dei social robot nell'apprendimento come la capacità di agire da fattori stimolanti per un dialogo produttivo nell'insegnamento delle lingue (Tegos, Demetriadis e Tsiatsos, 2014), il supporto emotivo agli studenti (Dennis, Masthoff, Mellish, 2016) e la promozione, la creatività e la risoluzione dei problemi (Liu *et al.*, 2013).

3. Da ITS a ITR

Nella letteratura scientifica, le principali ricerche sull'uso dei robot nell'istruzione descrivono l'impatto degli agenti di conversazione basati sul dialogo e sull'Intelligent Tutoring System (ITS), ovvero sistemi didattici che utilizzano l'intelligenza artificiale mediante software che risiede nella memoria di un computer. Questi sistemi si basano sulla psicologia cognitiva, la teoria dell'apprendimento (che si occupa principalmente di questioni come la rappresentazione della conoscenza umana) e sull'organizzazione della memoria e la natura degli errori (Shute, Psotka, 1996).

L'Intelligent Tutoring System, modello ideato nel 1982 da Brown e Sleemans, è un sistema informatico di insegnamento fatto di processi di teaching e learning che si appoggiano su tecniche di IA (Trincherò, 2021). Esso mira a fornire istruzioni o feedback immediati e personalizzati (Brignone, Grimaldi, Palmieri, 2021). Gli ITS sono ambienti di apprendimento computerizzati in grado di aiutare gli studenti ad acquisire determinate conoscenze e abilità mediante algoritmi intelligenti che adattano il comportamento del sistema alle specifiche esigenze che emergono nel percorso di apprendimento (Graesser, Hu, Sottolare, 2018). Come detto poco sopra la robotica, unita alle possibilità dell'intelligenza artificiale e dell'elaborazione distribuita dell'informazione tipica delle reti mobili ad alta velocità, può offrire macchine in grado di implementare in modo efficace questi requisiti, "incarnandosi" in ITR, ovvero in Intelligent Tutoring Robot (Woolf, 2008; Mubin *et al.*, 2013; Yang, Zhang, 2019), offrendo il vantaggio di

promuovere un'interazione personalizzata con utenti specifici (Belpaeme *et al.*, 2018).

Gli agenti robotici operano con un modello percezione-pianificazione-azione (Russell, Norvig, 2016; Yang, Zhang, 2019) che è efficace in attività specifiche, di aiuto e di sostegno. Tale modello è un ciclo ricorsivo costituito da:

- percezione: uso di sensori multimodali per osservare le attività dello studente e di tecniche di IA per estrarre le informazioni;
- pianificazione: valutazione degli esiti ottenuti in relazione a differenti azioni di tutoraggio, e decisioni prese sulla base delle evidenze in proprio possesso;
- azione: attuazione di operazioni di insegnamento e di apprendimento in relazione alle decisioni prese.

L'adattamento ai bisogni e alle esigenze dello studente – e quindi l'efficacia dell'azione di tutoraggio – deriva dal feedback continuo generato dal ciclo percezione-pianificazione-azione messo in atto dall'ITR. Il robot, tramite i suoi sensori, analizza i feedback ricevuti dagli studenti e li confronta con quelli che ha nel proprio database oppure li acquisisce come nuovi. Successivamente, l'ITR inizia una fase di analisi che ha come obiettivo l'estrazione di informazioni utili riguardanti lo stato e gli stili di apprendimento e i livelli di conoscenza.

4. I social robot come agenti pedagogici

Nel nostro lavoro siamo passati dagli ITS allo sviluppo di un ITR. In particolare, come già accennato, l'interazione “fisica” con un robot favorisce un maggior coinvolgimento del discente rispetto all'interazione con un agente virtuale (Li, 2015) e porta a effetti di tutoraggio positivi in più contesti (Kennedy *et al.*, 2015; Michaelis, Mutlu, 2017; Gordon *et al.*, 2016; Schodde *et al.*, 2017).

L'accettazione di un ITR come strumento educativo all'interno dell'ambiente scolastico (corpo docenti, alunni, ecc.), comporta una serie di vantaggi rispetto al solo uso di un dispositivo digitale (ITS). Infatti gli esseri umani tendono a percepire i robot in modo diverso dalle altre macchine proprio per le loro caratteristiche di “fisicità” (Marti, 2005), anche nei casi in cui il loro aspetto fisico sia chiaramente distante da quello di un essere umano. Un altro elemento che favorisce l'interazione con l'umano è dato dalla mobilità del robot, che interagisce utilizzando segnali multimodali (es. gesti, espressione facciale e movimento del corpo); sono percepiti meglio dei robot non sociali e migliorano la qualità e l'efficacia della loro in-

terazione con le persone (Holler, Levinson, 2019; Vigliocco, Perniss, Vinson, 2014). Ad esempio, l'uso di gesti, suoni e movimento del corpo può affinare la chiarezza delle capacità comunicative. La naturalezza dei movimenti può aumentare l'accettabilità del robot e dare un senso di sicurezza all'utente (Lichtenthaler, Lorenzy, Kirsch, 2012). Infatti i social robot sono in grado di percepire le caratteristiche fisiche dell'ambiente che li circonda e di negoziare con le risorse presenti nello spazio e con gli altri oggetti, robot o esseri umani, adottando comportamenti dinamici che si modificano in relazione alle condizioni ambientali che via via si creano. Ulteriori studi hanno messo in luce altri aspetti che aumentano l'accettazione da parte delle persone, come la prossimità (Koay, Syrdal, Walters, Dautenhahn, 2007), l'espressività e la vulnerabilità (Martelaro, Nneji, Ju, Hinds, 2016) e la capacità di modellare i comportamenti umani (Wykowska, Chellali, Al-Amin, Müller, 2014). In sintesi la capacità dei robot di prendere decisioni, combinata con la propria corporeità e l'abilità di relazionarsi con l'ambiente e quindi di poter negoziare l'uso delle risorse a disposizione in modo dinamico, li rende degli ottimi collaboratori nell'interazione con l'umano. Queste caratteristiche rendono l'ITR efficace in un'aula scolastica tradizionale, valutabile anche in termini di prossemica educativa, ovvero dei fattori spaziali nelle relazioni sociali, concetto di prossemica importante sia per la gestione della classe sia per il coinvolgimento degli studenti.

5. Sperimentazione di un ITR in classe

In questo studio è stato usato Nao, un social robot umanoide dalle forme piacevolmente arrotondate, autonomo e programmabile, sviluppato da Aldebaran Robotics, una società di robotica francese con sede a Parigi, acquisita da SoftBank Group nel 2015 e rinominata SoftBank Robotics. Tale robot si è costantemente evoluto fin dall'inizio della sua avventura nel 2006 e la sua sesta versione (NAO6), lanciata nel 2018, integra una nuova Cpu che ne migliora ulteriormente le prestazioni. Nao è controllato da un sistema operativo specializzato basato su Linux, soprannominato NAOqi. È inoltre dotato di una suite software che include uno strumento di programmazione grafico chiamato Choregraphe, un pacchetto software di simulazione e un kit per sviluppatori software. Oltre alle consuete azioni, come il vedere, il muoversi e l'interagire, il robot è in grado di percepire le emozioni e il livello di coinvolgimento delle persone. Questo avviene tramite delle telecamere e dei microfoni che captano aspetti del comportamento umano quali le espressioni facciali, le posizioni della testa, il linguaggio del corpo e della voce.

Il nostro social robot è in grado di raccogliere informazioni in modo autonomo e, nel caso della nostra sperimentazione, utilizza i servizi di intelligenza artificiale per stimare età, sesso e le emozioni che prova la persona con cui sta interagendo. Il sistema di visione permette dunque il riconoscimento di diversi stati emotivi (felicità, rabbia, stupore, tristezza, indifferenza) dell'interlocutore umano, dando così la possibilità di modificare il comportamento e le espressioni (luminosità degli occhi) del robot nel corso dell'interazione. Le telecamere, sono posizionate negli occhi e nella bocca di Nao. L'attività di tutoraggio intelligente svolto in questo lavoro ha coinvolto i bambini di una prima classe della scuola primaria (Fig. 1) e ricercatori e insegnanti coinvolti in una osservazione partecipante.



Fig. 1 - Setting per l'osservazione durante l'interazione tra Nao e una bambina [Foto di S. Palmieri, 2022]

In questa ricerca è stata valutata la capacità di un ITR di somministrare a ogni alunno ed elaborare autonomamente i risultati di un test, interagendo con loro in maniera autonoma, in modo da poter fornire all'insegnante i risultati, evidenziando le principali lacune rilevate. Inoltre è stato valutato il grado di accettazione di un ITR da parte di insegnanti e

alunni ed è stato sperimentato il modello di elaborazione dei dati fornito dal robot.

I referenti della ricerca sono i 23 alunni della prima classe primaria della scuola “Cervi” di Collegno (Torino) e il lavoro si è svolto nel mese di aprile 2022 (Fig. 2). Ovviamente abbiamo sempre avuto la presenza e collaborazione di un insegnante. Lo strumento di misurazione utilizzato ed implementato nelle funzioni di Nao è stato il TCR (Test of Relational Concepts), standardizzato e validato negli USA da Edmonston e Thane (2010) per la misurazione della conoscenza dei concetti di relazione spazio-temporali [v. il capitolo di Messi, Palmieri, Grimaldi in questo stesso volume, *NdC*].



Fig. 2 - La ricercatrice affianca il bambino all'inizio nel test per inserire i dati anagrafici richiesti [Foto di R. Grimaldi, 2022]

6. Nao somministra il TCR e ne valuta i risultati

Alla base di questo momento della ricerca è stato costruito un applicativo client-server che tramite un'app Android installata sul tablet, e un'altra app installata su Nao, fa sì che il robot funzioni da server nelle comunicazioni con il tablet (client), sfruttando una libreria di istruzioni Qilink che risiedono su Nao. Inoltre Nao, nella fase di interazione con le alunne e gli alunni, sfrutta le sue capacità di sintesi vocale e della gestione della postura (Fig. 3).

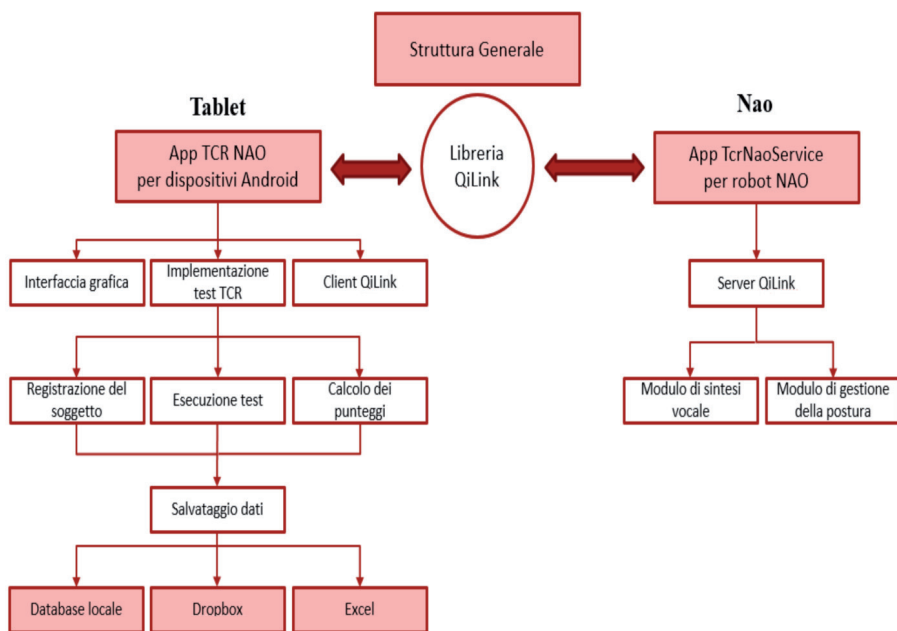


Fig. 3 - Struttura metodologica e informatica del modello di somministrazione del TCR mediante Nao

Stabilita la connessione tra i due dispositivi, il tablet guida la somministrazione del test facendo parlare e interagire Nao. Contemporaneamente l'interfaccia grafica del tablet fa scorrere le schede del test dopo ogni risposta del bambino che, tramite il touch screen, inserisce i dati nel dispositivo. Il compito del tablet è dunque di memorizzare i dati dell'alunno, di eseguire il test e di calcolare i punteggi delle risposte; tutti questi dati vengono salvati prima sul database locale, quindi vengono esportati su drobox (sul Cloud) in formato CSV in modo che possano essere poi importati su un PC in formato Excel (Fig. 4).

Sfruttando le macro in Visual Basic e le funzioni di Excel, i dati importati dal Cloud vengono elaborati e create delle reportistiche specifiche. Le 56 risposte grezze raccolte per ogni singolo test/alunno sono calcolate e riportate in 33 dimensioni e successivamente in 5 indici. Si è quindi popolato un database locale in formato Excel che memorizza sia i dati importati dal Cloud sia i nuovi dati calcolati, che sono raccolti in varie categorie:

- anagrafica;
- singole risposte agli item del test;

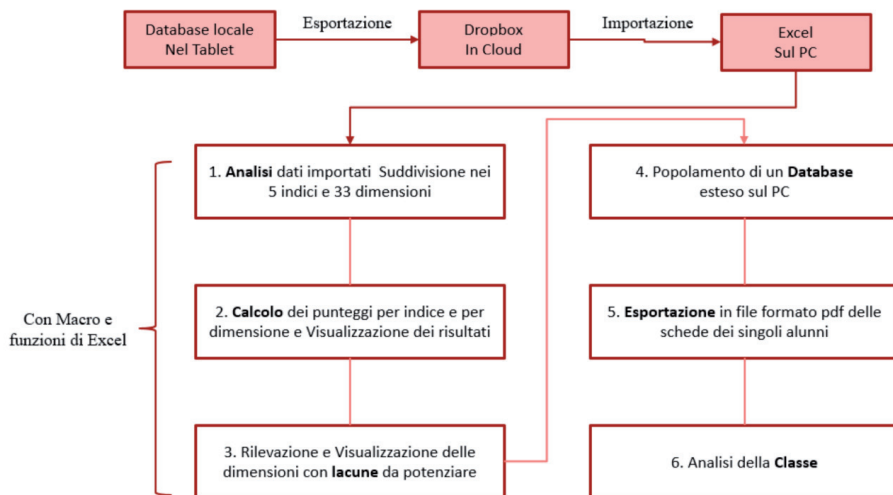


Fig. 4 - Schema elaborazione dei dati in Excel

- dimensioni (in fondo/in cima, il dietro/il davanti, ecc.: sono 33);
- indici (spazio, qualità/dimensione, altre, tempo, quantità: sono cinque);
- elenco dei punteggi delle dimensioni corrette/sbagliate;
- elenco dei punteggi degli indici corretti/sbagliati;
- file pdf con risultati per ogni alunno (Fig. 5);
- file pdf con indicazione degli item errati, evidenziati per dimensione e indice per ogni alunno (Fig. 6);
- file pdf con risultati a livello di classe (Fig. 7).
- file pdf con indicazione degli item errati, evidenziati per dimensione e indice a livello di classe (Fig. 8).

In Fig. 5 è rappresentato il primo output dei risultati di ogni singolo alunno. Come prima cosa in alto sono riportati il punteggio grezzo, quello standard e il rango percentile ricavati dal TCR. A seguire sono visualizzati i risultati complessivi espressi in percentuale per indice e dimensioni. A fianco il grafico Radar rappresenta le carenze rispetto a ciascun indice. Questo tipo di schematizzazione, di facile interpretazione, può aiutare l'insegnante a individuare le principali lacune che presenta ogni singolo alunno. Ad esempio in questo caso gli indici registrano i seguenti risultati: *spazio* con 71% di risposte corrette (12 dimensioni corrette su 17); *tempo* e *quantità* che hanno raggiunto il 75% di risposte corrette; *qualità* con l'83% di risposte corrette.

ID	21
Nome	xxxxxxxx
Punteggio grezzo	43
Punteggio Standard	39
Rango percentile	15

Indici con Punteggi relativi alle dimensioni valutate correttamente		
Spazio	70%	19 punti su 27 totali
Tempo	83%	5 punti su 6 totali
Qualità / Dimensione	83%	10 punti su 12 totali
Quantità	71%	5 punti su 7 totali
Altro	100%	4 punti su 4 totali
Totale Punteggio	77%	43 punti su 56 totali

Indici con conteggio delle dimensioni valutate correttamente		
Spazio	71%	12 dimensioni giuste su 17 totali
Tempo	75%	3 dimensioni giuste su 4 totali
Qualità / Dimensione	83%	5 dimensioni giuste su 6 totali
Quantità	75%	3 dimensioni giuste su 4 totali
Altro	100%	2 dimensioni giuste su 2 totali
Totale Dimensioni	76%	25 dimensioni giuste su 33 totali

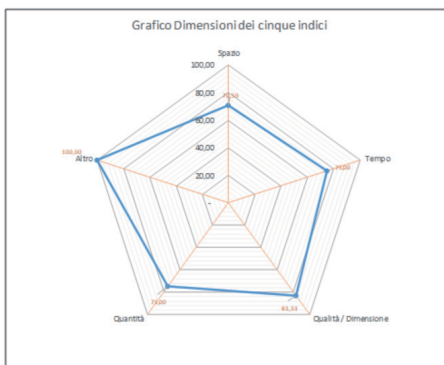


Fig. 5 - Calcolo dei punteggi per indice e per dimensione; visualizzazione dei risultati dell'alunno/a xxxxxxxx

Indice	Dimensione	Esito
Spazio	In fondo / In cima	ERRORE
	Il dietro / Il davanti	
	Davanti a / Dietro a	
	Vicino a / Lontano da	
	Tra	
	Intorno	
	In mezzo	
	Di lato	
	Sotto / Sopra	
	Ultimo / Primo	
Qualità/Dimensione	Lontano / Vicino	ERRORE
	Attraverso	ERRORE
	Al Centro	
	All'inizio / Alla Fine	
	Secondo	
Altre	Sotto / Sopra	
	Destra / Sinistra	
Tempo	Alto / Basso	ERRORE
	Piccolo / Grande	
	In basso / In Alto	
	Lungo / Corto	
	Sottile / Grosso	
Quantità	Ampio / Stretto	
	Uguale / Diverso	
Tempo	Senza / Con	
	Per prima / Per Ultimo	
	Prima / Dopo	
	Subito Dopo	
Quantità	Secondo	
	Più / Meno	ERRORE
	Uguale numero	
Quantità	Maggiore / Minore	
	Pochi / Molti	ERRORE

Fig. 6 - Indici e Dimensioni; identificazione delle lacune da potenziare dell'alunno/a xxxxxxxx

Nella Fig. 6, viene fornito un elenco delle dimensioni errate che occorre potenziare. In questo caso le dimensioni in questione sono: *il dietro/il davanti, sotto/sopra, attraverso*, (indice spazio) *piccolo/grande* (indice qualità) *più/meno, pochi/molti* (indice quantità). Questo output permette dunque all'insegnante di avere un'evidenza e un dettaglio di quali siano le dimensioni da potenziare.

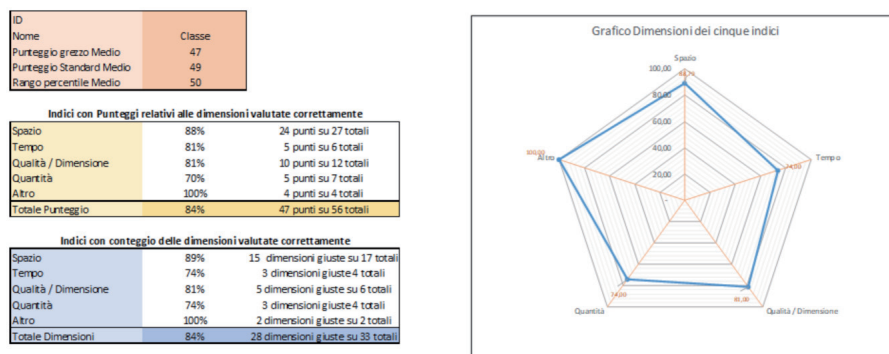


Fig. 7 - Analisi della classe

Allo stesso modo è stato possibile, prendendo i valori medi della classe, calcolare i risultati complessivi espressi in percentuale per indici, e con il grafico Radar rappresentare visivamente le aree che manifestano le principali lacune dell'intero gruppo classe (Fig. 7). Tramite questi risultati, l'insegnante può progettare degli interventi didattici inclusivi da inserire nelle attività curriculari.

In Fig. 8, come rappresentato già per ogni singolo alunno, vengono illustrate le singole dimensioni errate. In aggiunta è stata inserita una colonna in cui è rappresentata la percentuale delle risposte corrette della classe per ogni singola dimensione. È stato assegnato un codice-colore per evidenziare le dimensioni con più errori e quindi maggiormente critiche: in ordine crescente si va dal nero, blu, verde e rosso. In questo caso il valore "errore", riportato nella terza colonna, assume il significato di dimensione più critica.

La Fig. 9 illustra graficamente la percentuale delle risposte esatte per ciascuna delle 33 dimensioni, a partire dai 56 item di cui è composto il TCR. Ad esempio la seconda colonna del grafico, *Il dietro/il davanti*, è una delle dimensioni compresa correttamente dal 100% del campione, mentre

Indice	Dimensione	Esito	Percentuale Corrette
Spazio	In fondo / In cima		86%
	Il dietro / Il davanti		100%
	Davanti a / Dietro a		95%
	Vicino a / Lontano da		95%
	Tra		90%
	Intorno		81%
	In mezzo		100%
	Di lato		100%
	Sotto / Sopra		100%
	Ultimo / Primo		86%
	Lontano / Vicino		95%
	Attraverso		90%
	Al Centro		100%
	All'inizio / Alla Fine		76%
Secondo		90%	
Sotto / Sopra		76%	
Destra / Sinistra	ERRORE	48%	
Qualità/Dimensione	Alto / Basso		71%
	Piccolo / Grande		100%
	In basso / In Alto		100%
	Lungo / Corto		76%
	Sottile / Grosso		81%
	Ampio / Stretto	ERRORE	57%
Altre	Uguale / Diverso		100%
	Senza / Con		100%
Tempo	Per prima / Per Ultimo		100%
	Prima / Dopo		90%
	Subito Dopo	ERRORE	24%
	Secondo		81%
Quantità	Più / Meno		100%
	Uguale numero		100%
	Maggiore / Minore		71%
	Pochi / Molti	ERRORE	24%

Fig. 8 - Indici e dimensioni; identificazione delle lacune da potenziare del gruppo classe

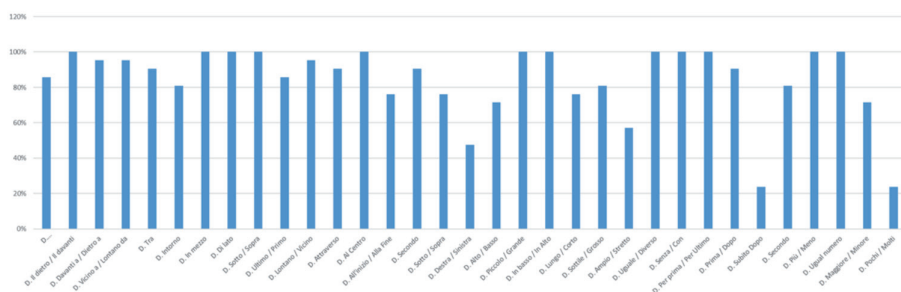


Fig. 9 - Percentuale degli alunni che hanno compreso esattamente le singole dimensioni del test TCR

l'ultima colonna del grafico evidenzia una grande carenza nella dimensione *pochi/molti*, che è stata compresa correttamente solo dal 24% dei 23 bambini del campione.

Tutti questi risultati sono ottenuti mediante l'elaborazione dei dati raccolti da Nao. Utilizzando queste informazioni lo stesso robot, una volta elaborati e appresi i risultati, può incominciare autonomamente a impostare delle attività di potenziamento sulle dimensioni che sono risultate maggiormente carenti. Tali attività possono essere avviate dal robot sia con la classe e sia con i singoli bambini, ma su questo stiamo lavorando e tratteremo in un nostro prossimo contributo.

7. Conclusioni

I dati raccolti tramite la somministrazione del TCR da parte di Nao, sono in linea con i risultati ottenuti dalla raccolta di dati mediante il TCR sottoposto da insegnanti/educatori, come riportato in una ricerca del 2013 e descritta in *A scuola con i robot*, a cura di Grimaldi (2015). Quindi la somministrazione tramite robot risulta essere compatibile con la somministrazione con metodo tradizionale. Da interviste qualitative rivolte ad insegnanti, i risultati elaborati dall'ITR, sono apparsi molto utili ed efficaci per la didattica da svolgere in aula.

Bibliografia

- Belpaeme T., Kennedy J., Ramachandran A., Scassellati B., Tanaka F. (2018), "Social robots for education", *Science robotics*, 3(21).
- Brignone S., Grimaldi R., Palmieri S. (2021), *Da ITS a ITR. I social robot come sistemi intelligenti di tutoraggio e di comunicazione*, Rodolfo Morandi Mondo Digitale, Milano.
- Dennis M.J., Masthoff, Mellish C. (2016), "Adapting progress feedback and emotional support to learner personality", *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(3), pp. 877-931. DOI: 10.1007/s40593-015-0059-7
- Edmonston N.K., Thane N.L. (1999), *TRC: Test of relational concepts*, Gallaudet University, Pre-college National Mission Programs.
- Graesser A.C., Hu X., Sottolare R. (2018), *Intelligent tutoring systems*. International handbook of the learning sciences. Routledge, pp. 246-255.
- Grimaldi R., a cura di (2015), *A scuola con i robot. Innovazione didattica, sviluppo delle competenze e inclusione sociale*, Il Mulino, Bologna.
- Grimaldi R., a cura di (2022), *La società dei robot*, Mondadori, Milano.

- Holler J., Levinson S.C. (2019), "Multimodal language processing in human communication", *Trends in Cognitive Sciences*, vol. 23, n. 8, pp. 639-652.
- Iver M., Martha A., Douglas J. (2014), "Stemming' the Swell of Absenteeism in Urban Middle Grade Schools: Impacts of a Summer Robotics Program", in *Society for Research on Educational Effectiveness (SREE)*, 6-8 September. Washington DC.
- Koay K.L., Syrdal D.S., Walters M.L., Dautenhahn K. (2007), "Living with robots: Investigating the habituation effect in participants' preferences during a longitudinal human-robot interaction study", in *Proceedings - IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication*, pp. 564-569.
- Lichtenthaler C., Lorenzy T., Kirsch A. (2012), "Influence of legibility on perceived safety in a virtual human-robot path crossing task", in *2012 IEEE RO-MAN: The 21st IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, Sep., pp. 676-681.
- Liu E., Feng Z., Lin C.H., Liou P.Y., Feng H.C., Hou H.T. (2013), "An analysis of teacher-student interaction patterns in a robotics course for kindergarten children: A pilot study", *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 12(1), pp. 9-18.
- Martelaro N., Nneji V.C., Ju W., Hinds P. (2016), "Tell me more designing Hri to encourage more trust, disclosure, and companionship", in *11th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*, March, pp. 181-188.
- Marti P. (2005), "L'interazione uomo-robot", *Ergonomia*, 2, pp. 1-8.
- Mubin O. et al. (2013), "A review of the applicability of robots in education", *Journal of Technology in Education and Learning*, 1209-0015 13.
- Shute V.J., Psotka J. (1996), "Intelligent tutoring systems: past, present and future", in Jonassen D., Ed., *Handbook of research on educational communications and technology*, Macmillan, New York, pp. 570-600.
- Tegos S., Demetriadis S., Tsiatsos T. (2014), "A configurable conversational agent to trigger students' productive dialogue: A pilot study in the CALL domain", *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 24(1), pp. 62-91. DOI: 10.1007/s40593-013-0007-3
- Trincherò R. (2021), "ITS & ITR. I robot come sistemi di tutoraggio intelligente", in Grimaldi R., a cura di, *La società dei robot*, Mondadori, Milano.
- Vigliocco G., Perniss P., Vinson D. (2014), "Language as a multimodal phenomenon: implications for language learning, processing and evolution", *Philosophical Transactions of the Royal Society B - Biological Sciences*, 369(1651), 20130292.
- Wykowska A., Chellali R., Al-Amin M., Müller H.J. (2014), "Implications of robot actions for human perception. How do we represent actions of the observed robots?", *International Journal of Social Robotics*, 6(3), pp. 357-366.
- Woolf B.P. (2008), *Building Intelligent Interactive Tutors, Student-Centered Strategies for Revolutionizing E-Learning*, Morgan Kaufman.
- Yang G.-Z., Bellingham J., Dupont P.E., Fischer P., Floridi L., ... Wood R. (2018), "The grand challenges of Science Robotics", *Science robotics*, 3(14).

- Yang G.-Z., Dario P., Kragic D. (2018), "Social robotics - Trust, learning, and social interaction", *Science robotics*, 3(21), eaau8839.
- Yang J., Zhang B. (2019), "Artificial intelligence in intelligent tutoring robots: A systematic review and design guidelines", *Applied Sciences*, 9(10), 2078.
- Zhen-Jia Y., Chi-Yuh S., Chih-Wei C., Baw-Jhiune L., Gwo-Dong C. (2006), "A Robot as a Teaching Assistant in an English Class", in *Sixth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT '06)*, pp. 87-91. DOI: 10.1109/ICALT.2006.1652373

13. Robot e umani che collaborano: come il cinema racconta (e anticipa) i cobot

di *Lorenzo Denicolai*

1. Introduzione

Circondato da rifiuti di ogni genere e appartenenti a epoche differenti, il piccolo *Wast Allocation Load Lifter-Earth Class* si adopera per ridare ordine e vivibilità alla Terra del 2105: soltanto quando la situazione sarà migliorata, infatti, gli umani potranno tornare sul pianeta. Per il momento, però, *Wall-E* è l'unica presenza a muoversi in quella enorme discarica che la visione distopica del regista Andrew Stanton e dei produttori della Pixar hanno voluto tratteggiare come ambientazione del film di animazione del 2008. *Wall-E* è un simpatico robot cingolato, per nulla somigliante all'uomo dal punto di vista fisico, ma decisamente umano nel modo di “sentire” e di vivere. E rappresenta una delle moltissime raffigurazioni del robot nel panorama cinematografico e mediale. Tuttavia, ben prima della nascita del cinema, l'agente robotico ha abitato le fantasie di scrittori e di lettori, nella fiorente letteratura internazionale di genere: dal thriller all'horror fino all'ovvio fantascientifico. Peraltro, il concetto di automatismo e di automa è affiorato nelle radici culturali delle epoche più ancestrali, quasi sempre come particolare manifestazione di una qualche volontà divina: così, per esempio, le meravigliose macchine di Efesto sono il risultato di una “spinta” esterna che causa un movimento autonomo; similmente, Adamo è creato già adulto (Mayor, 2018) ed è animato dallo spirito di Dio, un vero e proprio *pneuma* vitale che gli dona la libertà e il movimento. Al di là di ogni riferimento al passato più o meno leggendario, va evidenziato che il cobot, perlomeno per come è stato presentato dai ricercatori che lo hanno concettualizzato – «an apparatus and method for direct physical interaction between a person and a general purpose manipulator controlled by a computer»¹ – non è facilmente individuabile

1. La citazione proviene, in realtà, dal documento di registrazione del brevetto del cobot depositato dai due ricercatori della Northwester University: J. Edward Colgate e Michael

nel cinema e nelle arti, esperienze e campi di espressione in cui il robot ha spesso conosciuto una declinazione distopica o, quantomeno, inquietante e poco amichevole. Ci sono, tuttavia, diversi casi in cui la macchina ha avuto un ruolo centrale nelle narrazioni su pellicola e in quelle televisive; produzioni in cui si può in qualche misura intravedere una qualche forma di collaborazione con l'agente umano e che possiamo interpretare come possibili forme di relazione uomo-macchina, anche nella direzione intesa dal cobot.

Con questo breve contributo, dunque, provo a fornire un'introduzione di alcuni di questi prodotti audiovisivi, mettendo in luce, ove possibile, come il potere concretizzante dell'immagine abbia in talune situazioni anticipato l'ideazione e lo sviluppo di prototipi collaborativi anche nella realtà quotidiana. Ovviamente, è utile precisare che ho scelto i prodotti che descrivo nel prosieguo del contributo come dei potenziali paradigmi di alcuni aspetti della realtà che viviamo quotidianamente, benché tale selezione abbia comportato l'esclusione di film e di audiovisivi estremamente significativi per la storia del cinema e dei media². In questo senso, ho prediletto oggetti forse meno analizzati dagli studi cinematografici tradizionali, a favore di materiali considerati più di stampo popolare. Tuttavia, in alcuni di questi fenomeni, mi sembra che i concetti di relazione e di collaborazione uomo-macchina possano avere una declinazione meno estrema, a vantaggio di una maggiore quotidianità vicendevole.

2. Collaborazioni empatiche: alcuni casi cinematografici e televisivi

In *Robot & Frank* (Schreier, 2012), un anziano ex ladro interpretato da Frank Langella viene suo malgrado affiancato da un umanoide di ultima generazione, in grado di prendersi cura dell'uomo, il cui comportamento lascia trasparire i primi segni di Alzheimer. Benché inizialmente Frank rifiuti ogni ausilio da parte della macchina, col tempo tra i due si instaura una sorta di relazione che sconfinata nell'amicizia: l'umanoide si prende cura dell'uomo, ricordandogli le medicine da prendere e aiutandolo a organizzare la propria giornata, sia fisicamente sia cognitivamente. Ma la dinamica relazionale tra i due si rafforza di giorno in giorno, facendo tornare all'ex ladro il desiderio di progettare un nuovo furto: il robot diventa ora

Peshkin. Reperibile su: <https://patentimages.storage.googleapis.com/8f/92/55/78f01440703315/US952796.pdf> [ultimo accesso: 31/08/2022]. Cfr. anche Peshkin *et al.* (2001).

2. Per un'introduzione in parte più approfondita, rimando a Carluccio e Denicolai (2022); Telotte (2016).

un perfetto sostituto umano e un aiutante da allevare alla tecnica dello scasso. Senza rendersene conto, Frank ormai vede nel robot un agente antropomorfo e un suo pari: è in tali frangenti che, per un paio di volte, l'umanoide è costretto a ricordare al suo compagno umano la propria natura meccanica. In un crescendo emotivo che accompagna lo spettatore al finale del film – che, di fatto, anticipa ciò che potrebbe accadere anche a noi in un futuro molto prossimo – comprendiamo che la tecnologia può, idealmente, sostenere l'uomo nel viaggio vitale, anche sostituendo gli affetti che idealmente vengono meno nella tradizionale relazione tra uomini. Tralasciando ora l'aspetto simbolico, è interessante sottolineare alcuni rapidi elementi. Innanzitutto, il film di Schreier mostra l'efficace rappresentazione di un robot che collabora con l'uomo per semplificarne la vita: entrambi sono inseriti in una dinamica relazionale che, da un lato, quello umano, si erge su una reale percezione di uno stato d'amicizia, mentre dall'altro, quello robotico, si costruisce empiricamente su una simulazione della macchina di una simile percezione. D'altra parte, i più comuni robot umanoidi in commercio (da *Nao* a *Pepper*, per citare due tra i più famosi) mimano soltanto un'emozione, senza avvertirla realmente. Tuttavia, sia che si tratti di agenti non-umani effettivamente senzienti, sia che si parli di macchine perfette nell'imitazione della percezione, emerge un quadro molto vicino alla realtà, in cui spesso il robot agisce come collaboratore (se non come sostituto) dell'uomo anche a livello affettivo. In effetti, gli ultimi anni sono stati molto utili in questa direzione. Mi riferisco, per esempio, alle molte applicazioni della robotica avvenute nel periodo pandemico, in cui i «collaborative robots» (Tavakoli *et al.*, 2020) hanno agevolato l'attività di medici e paramedici nella lotta contro il Covid-19 sia in area ospedaliera sia, soprattutto, nella gestione della quotidianità e nel superamento del senso di abbandono e di isolamento sociale dovuto alle diverse fasi di lockdown (Aymerich-Franch, Ferrer, 2020). Se il film, creando un parallelo metaforico, aveva raccontato e anticipato un rapporto emotivo tra un robot e un anziano, nella quotidianità questa relazione si sta gradualmente affacciando alla sua realizzazione, proprio agendo sulla costruzione di loop affettivi in cui gli agenti – umani e non-umani – collaborano reciprocamente per l'apprendimento vicendevole di cicli empatici di azione e reazione. In questo modo, secondo un approccio di taglio cognitivo-enattivista, si dovrebbe anche facilitare l'individuazione dei meccanismi cerebrali e sensibili che consentono una tale percezione nell'uomo e, al contempo, allenare opportunamente l'intelligenza artificiale a sviluppare un simile – reale – approccio alla questione sensibile (Dumouchel, Damiano, 2019).

The Mitchells vs. Machines (Rianda, 2021) è un film di animazione prodotto da Sony Pictures Animation e rilasciato su Netflix nel periodo

pandemico del 2021. Anche in questo caso, il concetto di cobot è indiretto: così come nel precedente film di Schreier, la narrazione non riguarda una collaborazione nel senso stretto del termine – tecnologica, di forza lavoro, ecc. – quanto piuttosto una sorta di “alleanza” tra agenti umani e agenti non-umani che, in questo caso particolare, diventano gli ultimi difensori della popolazione mondiale dalla minaccia rappresentata dalla spietata intelligenza artificiale PAL, che si era precedentemente ribellata al suo sviluppatore. La vicenda dei Mitchell, sebbene sia organizzata in una narrazione sapientemente parodistica, è tuttavia perfetta per spiegare come viviamo quotidianamente con i media e fa emergere il ruolo della tecnologia come forma di co-agentività con l’uomo (un uomo da sempre *faber* e costruttore di artefatti tecnologici, come viene anche raccontato dallo stesso film): insieme, si assiste a una coevoluzione e a una definizione vicendevole di compiti e di relazioni. La robotica, in questo senso, non è una macchina che lavora al posto dell’uomo, ma ne costituisce una sua estensione, secondo la lettura ormai tradizionale di McLuhan (1964/2002): si tratterebbe, come per gli altri media, di un prolungamento sensibile e cognitivo della capacità umana. In effetti, al di là di ogni riproposizione cinematografica, la robotica è spesso in grado, oggi, di estendere le abilità umane, aiutandolo a superare i vincoli della propria natura. Un esempio rapido, tra i molti, è costituito dalla visione macchinica, ossia dalla potenzialità della macchina robotica di far vedere, di rendere visibili determinati fenomeni non coglibili dalla vista umana. Nel 2019, l’Event Horizon Telescope³ ha permesso all’uomo di “vedere” un buco nero: si tratta, com’è risaputo, di una fotografia senza referente, cioè a dire di un’immagine che non è il risultato di un’impressione di realtà, bensì è il frutto di una rielaborazione tecnologica di dati – dunque di pura binarietà – che sono poi stati “tradotti” in elemento sensibile e percepibile per la cognizione umana. Detto in altri termini: l’immagine del buco nero M87 che è stata divulgata dai ricercatori nell’aprile del 2019 non è una fotografia nel senso cui siamo soliti intenderla, ma è il risultato di un processo rielaborativo di dati raccolti da otto telescopi che, collaborando tra loro, ne hanno costituito uno di dimensioni terrestri (l’EHT, appunto). Soltanto così, è stato possibile catturare gli oltre 6mila terabytes di dati per poi elaborarli e trasformarli in materiale percepibile all’occhio umano. Peraltro, molti robot pensati per l’industria o per l’educazione sono in grado di leggere diverse tipologie di dati e di trascodificarli in segni interpretabili dalla cognizione umana. Ma, in fondo, un normale termometro traduce in numero la temperatura

3. <https://eventhorizontelescope.org> [ultimo accesso: 01/09/2022].

corporea, consentendo all'individuo di sapere qualcosa in più del proprio stato di salute!⁴

Tra i telefilm e cartoons che hanno accompagnato la crescita delle TV private in Italia, non è possibile non citare, come paradigmatici, un paio di prodotti che hanno avuto come protagonisti i robot e le automazioni. *Supercar* è certamente un telefilm significativo in questo senso, poiché il robot è il coprotagonista della narrazione. La serie è peraltro una tra quelle che, in linea del tutto ipotetica, potrebbero aver contribuito ad alimentare le fantasie tecnologiche nella collettività. Il personaggio principale umano della serie, Michael Knight (interpretato da David Hasselhoff), condivide ogni avventura con un'avveniristica e futuristica automobile, KITT (Knight Industries Two Thousand), che racchiude i maggiori desideri degli automobilisti di ogni epoca. L'auto, infatti, ha una potentissima intelligenza artificiale ed è in grado di parlare con linguaggio naturale, di interagire e interloquire con gli umani, di prevenire eventuali azioni da parte di esterni, oltre a essere dotata di guida autonoma e di svolgere tutte le funzioni (anche quelle per l'epoca impossibili da ottenere nella realtà) di un calcolatore digitale. KITT rappresenta, per certi versi, la concretizzazione fiction dell'auto del futuro: un'automobile che, nella nostra quotidianità, sta lentamente muovendo i primi passi nella direzione – ancora molto lontana – che *Supercar* aveva reso ideale e contribuito a costruire come immagine di auto *smart* nell'immaginario collettivo. Tra i molti cartoon di area nipponica, invece, mi sembra importante citare brevemente il caso di *Jeeg robot d'acciaio* (tratto dall'*anime* ideato da Gō Nagai) (Di Fratta, 2013; Cordella, 2016). Il robot è un *mecha*, una delle enormi macchine umanoidi che lottano contro gli esseri malvagi per la difesa della Terra. La testa di Jeeg è, in realtà, il risultato della trasformazione del giovane Hiroshi, la cui natura è divenuta biotecnologica in seguito a un delicato intervento compiuto dal padre per salvargli la vita. Questo aspetto è secondo me utile per mettere in luce la particolare forma di collaborazione uomo-macchina che si basa su una fusione tra i due enti. Tale rapporto, fisico oltre che psicologico, potrebbe essere inteso come un *dispositivo*, ossia come un *assemblage* eterogeneo di elementi che, in un processo di organizzazione e di riorganizzazione continua, collaborano tra loro per ottenere un determinato fenomeno (Denicolai, 2022). Per tornare alla fiction, al pari di Hiroshi, Leo Elster,

4. Gli studi mediologici e postfenomenologici si sono lungamente interrogati sulle tipologie relazionali che intercorrono tra uomo e tecnologia (nel nostro specifico caso, tra uomo e robot/macchina). Rimando, tra i molti, a Ihde (1990), che ha avuto il merito di avviare e formalizzare la disquisizione sul tema. Similmente, le GANs sono in grado di costruire – *ex novo* – delle immagini di qualunque tipo, soltanto tramite il processo generativo e avversativo che ne costituisce il loro funzionamento. Cfr. Eugeni (2021).

tra i protagonisti della serie britannica *Humans* (2015-2018), può collegare il proprio corpo – e la sua parte sintetica – agli schermi televisivi, per trasmettere su di essi i suoi ricordi, rendendoli così visibili anche agli altri personaggi.

3. Un modello di organizzazione robotico-sociale

Un caso interessante, anch'esso appartenente a una sorta di sottobosco mediale, ossia a una serie di produzioni “di massa”, è *Better than Us* (2018)⁵, la prima serie televisiva russa a essere diffusa su Netflix. La fiction, ambientata nel 2029, tratta la vicenda thriller/sci-fi del medico anatomicopatologo Safronov e della sua famiglia che viene coinvolta più o meno consapevolmente in un losco giro di affari per la commercializzazione di un robot androide di ultima generazione proveniente, illegalmente, dalla Cina. Il prototipo del robot è Arisa, un'immaginifica macchina senziente in tutto e per tutto identica all'uomo. Il robot è dotato di un'intelligenza artificiale all'avanguardia che le consente di comportarsi come un umano, superandone ovviamente i limiti della natura. L'avanzare della trama propone un graduale avvicinamento dell'androide alla famiglia protagonista, alla scoperta del lato affettivo e sensibile dell'agente umano: il robot tenderà infatti a infatuarsi gradualmente del medico e tale sentimento sarà il motore emotivo che le farà prendere una determinata decisione nel finale di stagione. La fiction è interessante per il riaffiorare di alcune tematiche già accennate in questo breve approfondimento. Intanto, il loop affettivo, di cui ho detto poc'anzi, che qui è bene rappresentato da Arisa e da Safronov, con la prima che sviluppa un sentimento affettivo nei confronti del medico e che ricerca, grazie al suo machine learning, di “costruirsi” un reale processo percettivo della sfera emotiva. A questo aspetto, si aggiunge la predisposizione della macchina a prendersi cura dell'umano: ciò si verifica sia con Arisa, con la famiglia di Safronov, sia con altri androidi presenti nella serie (in questo modo, peraltro, attraverso le azioni dei vari robot, viene narrativamente esplicitata l'adesione delle macchine alle Tre leggi della robotica di Asimov). Inoltre, *Better than Us* presenta un'interessante organizzazione sociale di cui le macchine robotiche sono parte integrante. Nel gradino più basso della scala ci sono dei robot umanoidi, dichiaratamente elementari dal punto di vista cognitivo; sono le macchine adibite a svolgere le mansioni più pesanti e di minore responsabilità: spesso, per esempio, Safronov sfoga con i portantini robotici dell'ospedale le sue fru-

5. www.netflix.com/it-en/title/81026915?preventIntent=true [ultimo accesso: 01/09/2022].

strazioni e paure. Sono in tutto e per tutto degli artefatti da fatica, lontano rimando all'etimologia del termine robot (dal ceco *robota*, che significa “lavoro pesante, faticoso”). Sulla scala intermedia, ci sono robot androidi che ricoprono diversi ruoli all'interno della società: si va dal badante e dal robot di compagnia, al lavoro di segretariato, fino a bellissime e bellissimi agenti robotici pensati per la trasgressione e per il soddisfacimento sessuale degli umani. Infine, al vertice della scala, spicca Arisa, il prototipo di intelligenza artificiale in grado di inserirsi perfettamente nel tessuto sociale, confondendosi con i suoi dis-simili fino a sembrare completamente umana, pur mantenendo le abilità e le potenzialità di una singolarità tecnologica che la rendono unica.

4. Conclusione

In questo breve contributo, ho voluto proporre pochi casi specifici di produzioni cinematografiche e televisive in cui i robot sono almeno coprotagonisti con gli uomini delle vicende narrate. Come già sottolineato in apertura di capitolo, sono consapevole di aver operato delle scelte per certi versi drastiche nei confronti del ricchissimo panorama di oggetti filmici che raccontano storie di robot (e di automi, di intelligenze artificiali, ecc.): ho evitato in questa sede di prendere in considerazione pietre miliari della storia del cinema, come *2001: Odissea nello Spazio* e il suo HAL9000, per esempio, o la città futuristica di *Metropolis* o, ancora, le più recenti saghe di *Terminator* o la distopia tecnologica – spesso ricca di sostituti sintetici degli uomini – di *Black Mirror* e di altre serie più recenti. I casi cui ho accennato nei paragrafi precedenti appartengono, in parte, a quel vasto spazio di cultura popolare, o di «postmodernismo popolare», per usare un'espressione di Bolter (2019), cioè a dire proveniente da una prospettiva produttiva e fruitiva che, di fatto, non ha più nulla da spartire con le grandi narrazioni della tradizione ma che risponde a un'esigenza sempre maggiore di poter ascoltare, vedere e prendere parte a frammenti narrativi e che, per conseguenza, comporta la comparsa di forme altre di cultura: forse meno elitaria rispetto a quella tradizionalmente accettata, ma certamente non meno efficace e funzionale al descrivere – e, spesso, ad anticipare – le esigenze e i desideri degli utenti. Come detto, il cinema, nella sua natura di costruzione e ricostruzione simbolica, non può forse occuparsi di cobot nel senso stretto del termine, ma certamente può provare a farci immaginare come il concetto di collaborazione uomo-machina possa essere esteso, in un futuro sempre più prossimo, alla quotidianità. In una condizione di vita e di condivisione di esperienze che tendano, presumibilmente, a vedere nei

robot degli strumenti che agevolino e che integrino le capacità e le abilità umane, con una dinamica simile, in fondo, al percorso compiuto dalle altre tecnologie che, dall'epoca della comparsa del *Sapiens*, contribuiscono ad arricchire e a modificare – in maniera reciproca – la nostra esistenza.

Bibliografia

- Aymerich-Franch L., Ferrer I. (2020), “The implementation of social robots during the Covid-19 pandemic”, *ArXiv preprint*, pp. 1-10.
- Bolter J.D. (2019), *The Digital Plenitude: the Decline of Elite Culture and the Rise of New Media*, The MIT Press, Cambridge.
- Carluccio G., Denicolai L. (2022), “L'automa sul grande schermo: mito, cinema e robot”, in Grimaldi R. (a cura di), *La società dei robot*, Mondadori, Milano, pp. 99-110.
- Cordella C. (2016), *Anime robotiche*, Delos, Milano.
- Denicolai L. (2022), “Il dispositivo robotico: dal cinema alla realtà e ritorno”, *La Valle dell'Eden*, 38, n.d.
- Eugeni R. (2021), *Capitale algoritmico. Cinque dispositivi postmediali (più uno)*, Morcelliana, Brescia.
- Di Fratta G. (2013), “Nagai Gō e l'ortodossia robotica. Dall'incorporazione alla possessione meccanica”, in Coci G., a cura di, *Japan Pop. Parole, immagini, suoni dal Giappone contemporaneo*, Aracne, Roma, pp. 221-238.
- Dumouchel P., Damiano L. (2019), *Vivere con i robot. Saggio sull'empatia artificiale*, Raffaello Cortina, Milano.
- Ihde D. (1990), *Technology and the Lifeworld: From Garden to Earth*, Indiana University Press, Bloomington.
- Mayor A. (2018), *Gods and Robots: Myths, Machines, and Ancient Dreams of Technology*, Princeton University Press, Princeton.
- McLuhan M. (2002), *Gli strumenti del comunicare. Le estensioni dell'uomo* (1964), Net, Milano.
- Peshkin M.A., Colgate J.E., Wannasuphprasit W., Moore A.C., Gillespie R.B., Akella P. (2001), “Cobot Architecture”, *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 17, 4, pp. 377-390.
- Tavakoli M., Carriere J., Orabi A. (2020), “Robotics, Smart Wearable Technologies, and Autonomous Intelligent Systems for Healthcare During the Covid-19 Pandemic: An Analysis of the State of the Art and Future Vision”, *Advanced Intelligence Systems*, pp. 1-7.
- Telotte J.P. (2016), *Robot Ecology and the Science Fiction Film*, Routledge, New York.
- Teti M. (2011), *Generazione Goldrake. L'animazione giapponese e le culture giovanili degli anni Ottanta*, Mimesis, Milano.

14. La robotica: dall'università al territorio. L'esperienza del Laboratorio "Gallino" di Torino

di Paola Borgna e Tania Parisi

1. Il Laboratorio "Gallino": tra robotica e didattica

La robotica travalica i confini della tecnologia informatica per proporsi come una frontiera interdisciplinare che pone nuove sfide ai ricercatori (Fortunati *et al.*, 2020). I robot sociali possono essere definiti come «strumenti dotati di un'intelligenza artificiale "incarnata", capaci di raccogliere, produrre e analizzare dati dalla realtà circostante (anche attraverso big data) e interagire con essa» (Brignone *et al.*, 2021, p. 1).

Il potenziale della robotica per lo sviluppo e il consolidamento delle abilità a scuola in ottica inclusiva è noto (si vedano, per esempio, Damiani *et al.*, 2013; Du, Breazeal, 2022; Giacconi, Del Bianco, 2019; Papakostas *et al.*, 2021). E tuttavia, almeno tre ostacoli rallentano la capillare diffusione dei robot in ambito educativo. Il primo è certamente di ordine economico: anche se negli anni queste tecnologie si sono fatte sempre più accessibili, i costi restano comunque ancora elevati soprattutto per quei contesti, come la scuola italiana, penalizzati da una cronica scarsità di risorse. Il secondo ostacolo chiama in causa direttamente il personale scolastico, che non sempre è adeguatamente formato all'utilizzo di queste tecnologie. A questo si aggiunge la constatazione che quanti si occupano direttamente di robotica spesso svolgono le loro attività in ambito accademico (Fortunati *et al.*, 2020). Il terzo ostacolo, infine, è di ordine culturale ed è legato alla diffidenza con cui ancora oggi alcuni guardano alle tecnologie basate sulla robotica in generale – spesso vista come una minaccia – e sull'intelligenza artificiale in particolare (Dwork, Minow, 2022). Questo avviene a dispetto del fatto che l'intelligenza artificiale, più o meno "incorporata" o "incarnata" (*embodied*), stia occupando uno spazio sempre maggiore non soltanto, come è evidente a tutti, nel sistema produttivo – si veda in proposito, a titolo esemplificativo, il saggio di Baldwin (2019) sulla cosiddetta "globotica"

– ma anche nella nostra vita quotidiana e nelle nostre case, modificando in modo probabilmente irreversibile e sicuramente assai rapido i modi e le forme della riproduzione sociale cui siamo abituati (Grimaldi, 2022; Fortunati, 2018).

Il “Laboratorio di simulazione del comportamento e robotica educativa Luciano Gallino” cui afferisce chi scrive ha tra i propri obiettivi il superamento dei tre ostacoli summenzionati, in particolare nella scuola. La volontà di combinare interessi di ricerca – che hanno il loro alveo naturale nell’università – con le necessità di innovazione didattica richieste *alla e dalla* scuola è infatti una delle finalità scientifiche che persegue la struttura, istituita nel 2019 presso il Dipartimento di Filosofia e Scienze dell’Educazione dell’Università di Torino.

Il Laboratorio è intitolato a Luciano Gallino, pioniere negli studi sull’intelligenza artificiale applicata alle scienze sociali¹, e sviluppa e implementa percorsi formativi e di ricerca utilizzando le potenzialità della robotica e del pensiero computazionale per la diffusione di competenze digitali e medialità a partire dalla scuola dell’infanzia. Essendo stato progettato secondo le linee di *Open Access Lab* è quindi disponibile non solo per la comunità universitaria (nell’ottica della prima e della seconda missione, quindi con scopi di didattica e di ricerca), ma per tutto il territorio nazionale e internazionale (terza e quarta missione): fin dal principio, il Laboratorio “Gallino” si è infatti contraddistinto per una spiccata vocazione al coinvolgimento delle scuole e del terzo settore e agli scambi internazionali. Le sue finalità scientifiche nel campo specifico della robotica educativa² coinvolgono:

- la didattica: negli spazi del Laboratorio si formano gli studenti alle potenzialità della robotica attraverso l’erogazione dell’insegnamento di “Tecniche di ricerca, simulazione e robotica educativa” attivato presso il Corso di Laurea in Scienze dell’Educazione e diversi laboratori di robotica educativa per il Corso di Laurea in Scienze della Formazione Primaria;

1. Luciano Gallino aveva fondato nel 1983 il Laboratorio di Intelligenza Artificiale presso il CSI-Piemonte e in quegli stessi anni aveva ideato e progettato il modello computazionale di attore sociale, denominato EGO, che simula la mente di un attore confrontato da una decisione difficile – modello che il Laboratorio odierno a lui intitolato propone come base di una parte considerevole delle proprie attività.

2. Le finalità scientifiche del Laboratorio Gallino non si esauriscono nella robotica ma includono: creare modelli che simulino, a diversi livelli di equivalenza, il comportamento di attori sociali; utilizzare i big data per generare modelli di simulazione e alimentare le azioni di robot; fare interagire linguaggi diversi (es.: quello video e quello computazionale). Dato il focus specifico del volume, non si è ritenuto opportuno approfondire anche tali aspetti in questa sede. Per una rassegna completa, si rimanda a Brignone *et al.*, 2020.

- la ricerca: con le sue attività il Laboratorio promuove e sviluppa filoni di ricerca sul rapporto uomo-macchina, che integrano tecniche di simulazione ad agenti del comportamento sociale basate sui big data e li trasmettono ai social robot in dotazione al Laboratorio;
- l’apertura al territorio (la cosiddetta “terza missione”): il Laboratorio attiva laboratori nelle scuole per formare insegnanti ed educatori al pensiero computazionale e al *coding* al fine di potenziare le abilità visuo-spaziali degli alunni della primaria e sviluppare il pensiero computazionale degli allievi; coadiuva il mondo della scuola in ricerche sull’innovazione della didattica a mezzo delle tecniche di simulazione e della robotica educativa; attiva collaborazioni con aziende del territorio, come per esempio Comau, leader nel campo dell’automazione industriale; promuove e partecipa a eventi sul territorio dedicati agli intrecci tra didattica, educazione e robotica;
- l’internazionalizzazione, secondo una delle definizioni di “quarta missione” cui è chiamata l’università (Öhrström *et al.*, 2018), è perseguita attraverso la creazione di una rete di scambio e collaborazione tra studiosi che operano in settori accomunati dall’interesse per le tematiche della simulazione del comportamento e della robotica educativa. Il Laboratorio “Gallino” ospita sin dalla sua inaugurazione visiting professor provenienti da importanti università internazionali che si occupano di robotica, come l’Università di Hertfordshire e l’Università di Manchester in Gran Bretagna. Questi centri hanno a loro volta dato la disponibilità a ospitare per periodi di studio e ricerca membri del Laboratorio “Gallino” creando un proficuo legame di scambio di esperienze e competenze.

Nelle prossime pagine, forniremo alcuni esempi delle attività svolte dai ricercatori e dalle ricercatrici del Laboratorio “Gallino”. L’elenco non sarà esaustivo, ma vuole essere una rassegna delle principali direttrici seguite nel perseguimento delle finalità scientifiche nel campo della robotica educativa summenzionate.

2. Le attività del Laboratorio “Gallino” attraverso le sue dotazioni tecnologiche

Per descrivere le attività svolte dal Laboratorio “Gallino”, seguiremo la tassonomia proposta da Catlin e colleghi (2019) in base alla quale è possibile classificare le dotazioni tecnologiche disponibili presso la struttura:

1. *Build Bots*: Lego Mindstorms; Lego WE D); Makeblock mBot Robot; Makeblock - Ultimate 2.0; Makeblock - Neuron Explorer Kit;

2. *Use Bots*: il braccio robotico Comau e.Do; Bee bot; Blue bot; Pro-Bot; Ozobot evo; Sphero BOLT; Sphero mini; Thymio; Moway; Halo code; Codey Rocky; mTiny³;
3. *Social Bots*: i robot umanoidi Nao e Pepper, e il robot di telepresenza Ohmni.

I *Build Bots* e gli *Use Bots* sono robot dotati di sensoristica che in alcuni casi includono anche forme di intelligenza artificiale (come per esempio Codey Rocky, mBot, Halo e Ozobot). Grazie alle loro ridotte dimensioni, questi piccoli robot sono i protagonisti delle attività svolte dal Laboratorio “Gallino” nelle scuole (cfr. Grimaldi, 2015; Brignone *et al.*, 2019; si veda anche il contributo di Laturra e Palmieri in questo volume), ma vengono impiegati anche con gli studenti aspiranti educatori per le attività didattiche. Accademia, scuola, ma non solo: il 6-7-8 giugno 2022 il Laboratorio “Gallino” ha partecipato con i suoi piccoli robot alle *Special Olympics* al Palavela di Torino, mostrando come la robotica educativa possa diventare un’opportunità concreta per favorire lo sviluppo delle competenze sociali in contesti informali.

Proprio per la loro trasportabilità, *Build Bots* e *Use Bots* in dotazione sono stati impiegati nell’ambito della collaborazione del Laboratorio “Gallino” con la Fondazione Otonga di Quito (Ecuador), la cui *mission* è la salvaguardia della biodiversità della foresta. Il Laboratorio ha collaborato alla sensibilizzazione dei bambini al tema della salvaguardia del pianeta, impiegando alcuni set di piccoli robot e attivando collaborazioni, poi proseguite da remoto, con alcuni docenti della scuola primaria locale.

Sicuramente meno maneggevole, ma con grandi potenzialità didattiche, è e.DO, il braccio robotico di Comau, che viene impiegato per esercitazioni nelle discipline Stem e nella programmazione. Nel corso della pandemia da Covid-19, Comau ha messo a disposizione del Laboratorio un simulatore che ha consentito agli studenti del corso di “Tecniche di ricerca, simulazione e robotica educativa” di programmare e.DO da casa, durante le lezioni a distanza. Questa esperienza ha reso concrete le possibilità di creare in quella difficile circostanza ambienti di apprendimento in cui superare la dialettica distanza/presenza (Bruschi, Perissinotto, 2020), avvantaggiandosi delle potenzialità offerte dalla tecnologia, in particolare dalla robotica e dall’intelligenza artificiale.

Restando in tema “pandemia” ma passando ai *Social Robot*, non possiamo non ricordare il canale YouTube denominato “La quarantena di

3. Abbiamo scelto di includere “Codey Rocky” e “mTiny” nella categoria b, anche se da alcuni sono considerati già appartenenti a quella dei social bots in quanto in grado di esprimersi e interagire anche a livello emotivo.

NAO⁴ ideato dal Laboratorio “Gallino” per alleviare il peso della distanza sociale imposta durante l'emergenza sanitaria. Attraverso questo canale, il social robot ha intrapreso un dialogo con due delle categorie più colpite dalle necessità di distanziamento: i bambini, privati della possibilità di interagire con i coetanei nelle sedi consuete, e gli anziani nelle case di riposo, privati del conforto dei parenti impossibilitati a far loro visita.

Assieme a NAO, il Laboratorio “Gallino” ospita anche due esemplari di Pepper, un altro social robot umanoide (si veda il contributo di Brignone e Cangelosi in questo volume). In questi anni, i ricercatori e le ricercatrici del Laboratorio hanno insegnato a Pepper a fornire indicazioni su aule e attività a studenti, professori e personale di passaggio nel Dipartimento. Pepper è stato programmato per rendere l'interazione uomo-robot il più naturale possibile quando si trova a rispondere a domande che gli vengono poste. In un altro progetto, Pepper è stato programmato per supportare le attività degli insegnanti nella scuola primaria raccontando ai bambini una “storia sociale” in cui le parole sono accompagnate da immagini visualizzate sul tablet in dotazione al robot. Una recente sperimentazione (descritta nel contributo di Silvia Palmieri in questo volume) ha visto sempre Pepper somministrare un test ad alunni della scuola primaria. Pepper è infine impiegato per studi sulla visione robotica. Completa la serie Ohmi, un robot di telepresenza.

3. Da EGO... a Pepper: un lungo percorso

Vorremmo concludere questo contributo ricordando che gli utilizzi proposti delle dotazioni tecnologiche del Laboratorio “Gallino” sono sostenute e sostanziate principalmente dal modello di simulazione del comportamento sociale EGO.

EGO è stato un progetto volto all'elaborazione di un modello bioculturale della mente come elemento di una futura teoria dell'attore sociale, vale a dire una teoria globale del soggetto agente capace di spiegare e prevedere i modi in cui un individuo, partecipe di uno o più sistemi sociali, ha agito o agirà in situazioni differenti. Il progetto – cui hanno lavorato sin dai primi anni Ottanta alcuni studiosi, prevalentemente sociologi dell'Università di Torino, riuniti in un Gruppo e guidati da Luciano Gallino, che del progetto fu ideatore e promotore – condusse alla messa a punto di un modello dell'attore: EGO.

4. www.youtube.com/channel/UC1dWccycYohdwQbwCIIRCKw.

Il presupposto del modello è che per spiegare e comprendere i modi in cui un individuo ha agito o agirà occorre comprendere la mente. EGO considera l'azione in perenne tensione tra una dimensione eminentemente culturale, su cui si addensano le esigenze del sistema di orientamento dell'attore (la sua mente) e degli affini culturali (coloro con in quali l'attore condivide un certo numero di tratti di cultura), e una dimensione biologica, sulla quale convergono le istanze dell'organismo dello stesso attore e dei suoi affini biologici (i consanguinei). Spinte all'individuazione e all'identificazione complicano e differenziano le pressioni dei due assi; le individualità – corporea e del sistema di orientamento – e le affinità – biologica e culturale – che risultano da queste spinte e dalle relative strategie sono gli stati che l'attore come decisore mira in qualche modo a tutelare.

Del modello esiste una versione ideata per l'implementazione su calcolatore sulla base dei principi e delle tecniche di Intelligenza Artificiale. Tale versione può essere considerata rappresentare il tentativo di disegnare una macchina semantica (Haugeland, 1981), o una *working mind* (Sloman, 1978), cioè un meccanismo che possa pensare, ricordare, imparare, interpretare simboli o rappresentazioni, scegliere linee di azione. Detto in altri termini, disegnare una *working mind* significa cercare di spiegare la possibilità della mente provando a costruire, sottoporre a prova e migliorare la spiegazione di questa possibilità. L'IA costituì un momento intrinseco dell'attività di progettazione del modello, nella convinzione che quelle ricerche avrebbero contribuito a migliorare la comprensione di vari aspetti del cervello e della mente; tra versione psicosociologica e versione IA del modello si dava un circuito di retroazione permanente, la comunicazione tra le due versioni essendo facilitata dal fatto che entrambe si fondavano sul paradigma computazionale – l'approccio che in ogni funzione della mente scorge una elaborazione di informazioni.

Le discussioni e le realizzazioni che ne conseguirono riflettono certamente lo spirito e la cifra di una stagione dell'intelligenza artificiale, quella delle domande fondanti – in ultimo, tutte riconducibili alla famosa domanda di Alan M. Turing del 1950: “Can machines think?” – e degli ambiziosi obiettivi che ne discendevano. Nell'incontro che avvenne tra gli anni Ottanta e gli anni Novanta tra sociologia e IA, la nozione di simulazione intesa come esercizio di una imitazione flessibile di processi e risultati con lo scopo di chiarire o spiegare i meccanismi sottostanti coinvolti svolse un ruolo centrale. Le aree che più attirarono l'attenzione e le energie dei sociologi furono sicuramente quelle dei sistemi esperti e della comprensione del linguaggio naturale; i più ambiziosi esplorarono la possibilità di simulare il comportamento sociale aspirando a realizzare un grado di equivalenza forte con l'oggetto simulato: EGO fra questi. “Quella IA” si propo-

neva come studio dell'intelligenza nel pensiero e nell'azione, come ebbe a scrivere Margaret Boden (1977, p. xi), i cui testi furono irrinunciabile riferimento per chi in quegli anni lavorava su queste tematiche.

L'IA come strumento conoscitivo, che al minimo funziona come metafora che consente di formulare questioni con maggiore chiarezza di quanto non fosse stato possibile sino ad allora (di nuovo Boden) costituì una stagione dell'IA; distinta e diversa da quella recentissima e fortunata, di grande ottimismo, che l'IA sta vivendo nei primi decenni del nuovo millennio. O meglio, che sta vivendo quella sua parte che va sotto il nome di *machine learning* – secondo alcuni, l'unica vera IA di cui disponiamo. Il rilancio degli obiettivi più ambiziosi è giustificato dal fatto che oggi si realizzano le condizioni che i fondatori dell'IA ritenevano necessarie per il loro raggiungimento e che erano mancate nella seconda metà del Novecento: i progressi nella velocità di elaborazione, nella capacità di memoria e nella programmazione (De Michelis, 2017). Sembra tuttavia di poter affermare che il perseguimento di un qualche grado di equivalenza con l'oggetto modellizzato abbia oggi perso centralità. Ciò è avvenuto per parecchie ragioni, tra le quali sono da annoverare almeno l'irriducibilità dell'intelligenza alla razionalità (che pure ne è componente riproducibile); la centralità di elementi irrazionali e subcognitivi nel pensiero; la relazione consustanziale della mente e dell'agire con il corpo del soggetto agente. Questioni che chi lavorava a EGO si poneva con grande serietà già negli anni Ottanta⁵.

In questa sede ci limitiamo ad osservare che una parte degli sviluppi degli studi e delle ricerche in robotica, un settore di ricerca in cui le applicazioni risultano preponderanti al punto da comprimere le potenzialità della disciplina come strumento di ricerca puramente conoscitiva (Parisi, 2006), ha lavorato in una direzione che aspirava a contribuire «a capire meglio il comportamento, le capacità e la vita psichica di quei particolari organismi che sono gli esseri umani» (ivi, pp. 10-11). La robotica ha avuto e ha più frequentemente obiettivi applicativi e pratici, e quando oggi si parla di robotica intelligente, o di robotica con IA, il riferimento più frequente è alla robotica di servizio, anche negli ambiti della cura e dell'educazione

5. Come primi testi di riferimento per il modello EGO, si possono considerare Gallino L. (1987), *L'attore sociale. Biologia, cultura e intelligenza artificiale*, Einaudi, Torino; Gallino L., a cura di (1992), *Teoria dell'attore e processi decisionali. Modelli intelligenti per la valutazione dell'impatto socio-ambientale*, FrancoAngeli, Milano; Grimaldi R. (1992), "Comportamento sociale ed intelligenza artificiale: una versione computazionale di un modello dell'attore", in Gallino L., a cura di (1992), cit.; Borgna P., a cura di (1995), *Corpi in azione. Sviluppi teorici e applicazioni di un modello dell'attore sociale*, Rosenberg & Sellier, Torino; Grimaldi R. (1995), *La versione computazionale di EGO. Livelli di spiegazione, previsione e validazione*, in Borgna P., a cura di (1995), cit.

in cui si esplicano principalmente le attività del Laboratorio “Gallino”. Di queste ultime abbiamo voluto qui segnalare che sono alimentate e sostenute da un lavoro di ricerca e di riflessione critica avviato in maniera pionieristica in ambito sociologico e pedagogico sin dalla metà degli anni Ottanta; e che in molti modi aspirano a rappresentarne la prosecuzione, in uno sforzo costante di aggiornamento rispetto agli sviluppi che si danno all’intersezione tra i settori della robotica, dell’intelligenza artificiale e delle discipline socio-umane.

Bibliografia

- Baldwin R. (2019), *The globotics upheaval: Globalization, robotics, and the future of work*, Oxford University Press.
- Boden M. (1977), *Artificial Intelligence and Natural Man*, Harvester, Brighton.
- Brignone S., Denicolai L., Grimaldi R., Palmieri S., Ambrosio S., Fabris V. (2019), “Il robot come strumento e veicolo di esperienza aumentata”, *Didamatica*, 1, pp. 199-207.
- Brignone S., Grimaldi R., Denicolai L., Palmieri S. (2020), “Intelligenza artificiale, robot e rappresentazione della conoscenza. Il Laboratorio di simulazione del comportamento e robotica educativa Luciano Gallino”, *The Lab’s Quarterly*, XXII, 2, pp. 143-161.
- Brignone S., Grimaldi R., Palmieri S. (2021), “Da ITS a ITR. I social robot come sistemi intelligenti di tutoraggio e di comunicazione”, *Mondo Digitale*, 20, 92, pp. 1-13.
- Bruschi B., Perissinotto A. (2020), *Didattica a distanza. Com’è, come potrebbe essere*, Laterza, Bari.
- Catlin D., Kandlhofer M., Holmquist S., Csizmadia A.P., Angel-Fernandez J., Cabibihan J.J. (2019), “Robots for Education: Online EduRobot Taxonomy”, in Daniela L., a cura di, *Smart Learning with Educational Robotics*, Springer International Publishing.
- De Michelis G. (2017), “Macchine intelligenti o tecnologie della conoscenza?”, *Sistemi Intelligenti*, 3, pp. 559-577.
- Damiani P., Grimaldi R., Palmieri S. (2013), “Robotica educativa e aspetti non verbali nei Disturbi Specifici di Apprendimento”, in *Atti del Convegno Didamatica*, pp. 1211-1220.
- Du X., Breazeal C. (2022), “Exploring changes in special education teachers’ attitudes and design belief towards pedagogical agents in co-designing with children”, *Interaction Design and Children*, pp. 472-478.
- Dwork C., Minow M. (2022), “Distrust of Artificial Intelligence: Sources & Responses from Computer Science & Law”, *Daedalus*, 151, 2, pp. 309-321.
- Fortunati L. (2018), “Robotization and the domestic sphere”, *New Media & Society*, 20, 8, pp. 2673-2690.

- Fortunati L., Ferrin G., Zuncheddu A. (2020), "I robot sociali visti come strumento educativo e interrogazione teorica", *Sistemi intelligenti*, 32, 1, pp. 155-165.
- Fortunati L., Manganeli A.M., Ferrin G. (2020), "Arts and crafts robots or LEGO® MINDSTORMS robots? A comparative study in educational robotics", *International Journal of Technology and Design Education*, pp. 1-24.
- Giaconi C., Del Bianco N. (2019), *In azione: Prove di inclusione*, FrancoAngeli, Milano.
- Grimaldi R., a cura di (2015), *A scuola con i robot. Innovazione didattica, sviluppo delle competenze e inclusione sociale*, Il Mulino, Bologna.
- Grimaldi R., a cura di (2022), *La società dei robot*, Mondadori, Milano.
- Haugeland J., a cura di (1981), *Mind Design, Philosophy, Psychology, Artificial Intelligence*, Montgomery, Bradford Books.
- Öhrström L., Weiderud P., Youssef M.A., Yaghi O.M. (2018), "Global engagement in science: the university's fourth mission?", *Science & Diplomacy*, 7,2, pp. 1-13.
- Parisi D. (2006), "Robot futuri", *Sistemi Intelligenti*, XVIII, 1, pp. 7-14.
- Papakostas G.A., Sidiropoulos G.K., Papadopoulou C.I., Vrochidou E., Kaburlaso V.G., Papadopoulou M.T., Holeva V., Nikopoulou V.A., Dalivigkas N. (2021), "Social Robots in Special Education: A Systematic Review", *Electronics*, 10, 12, pp. 1-36.
- Sloman A. (1978), *The Computer Revolution in Philosophy: Philosophy, Science and Models of Mind*, Harvester, Brighton.

15. LIFE e Robot

di *Giorgio Borla e Antonio Falco*

1. Il Laboratorio LIFE

Il Laboratorio LIFE, acronimo di Laboratorio di Innovazione in Filosofia e Scienze dell'Educazione, è nato grazie ai finanziamenti ministeriali ottenuti dal Dipartimento di Filosofia e Scienze dell'Educazione per il quinquennio 2018-2022, in quanto uno dei 180 dipartimenti di eccellenza italiani. Il laboratorio si trova a Palazzo Nuovo, sede della Scuola di Scienze Umanistiche e dei rispettivi Dipartimenti dell'Università degli Studi di Torino.

Analizzando il progetto con cui il dipartimento si è presentato al Ministero, si evince che il Laboratorio LIFE nasce con l'obiettivo di potenziare la riflessione filosofica e quella pedagogica, attraverso l'utilizzo di strumenti innovativi quali l'analisi dei processi attentivi, il monitoraggio oculare e la simulazione di comportamenti. In termini tecnici, queste esigenze di studio sono state "tradotte" in un complesso di apparecchiature finalizzate alla creazione, alla fruizione e all'osservazione dei comportamenti in un contesto di realtà virtuale, con diversi livelli di immersività.

1.1. *Virtual wall e ART Controller*

La parte, per così dire, meno immersiva del Laboratorio è quella costituita da un virtual wall, uno schermo di grandi dimensioni (Fig. 1), che consente di fruire di contenuti virtuali realizzati in 3D, attraverso l'utilizzo di occhiali stereoscopici e di immagini tridimensionali elaborate da un proiettore Laser 4K retroproiettato (Fig. 2). Questo grande schermo è collegato a un sistema audio Dolby Surround, che garantisce un'alta qualità del suono, molto avvolgente, e a un sistema di tracciamento (ART Controller)



Fig. 1 - Virtual wall

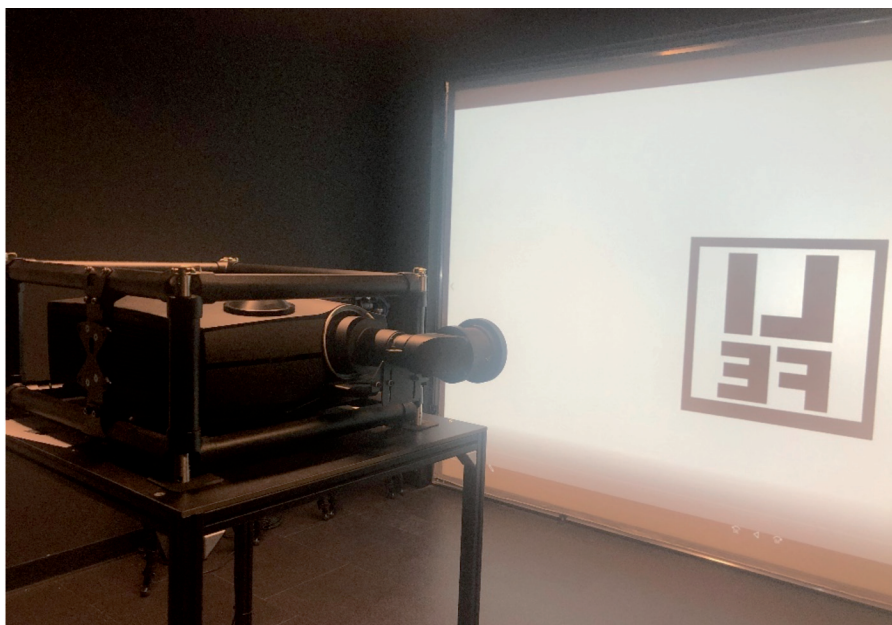


Fig. 2 - Retroproiezione in 4K

che rileva la posizione degli occhiali dell'osservatore. Questo tracciamento consente al software di adattare la prospettiva di visualizzazione dell'ambiente virtuale in 3D alla posizione dell'osservatore nello spazio, in modo da rendere l'esperienza ancora più realistica.

Un discorso analogo si applica al suono, che è spazializzato, ovvero cambia a seconda della posizione dell'osservatore all'interno dell'ambiente virtuale.

L'utilizzo di un flystick (Fig. 3), ovvero di un controller dotato di un piccolo joystick, consente inoltre lo spostamento del fruitore dell'esperienza nell'ambiente virtuale e la sua interazione con lo stesso.



Fig. 3 - Flystick

Si tratta di un'esperienza ricca, molto coinvolgente, ma che lascia al fruitore la possibilità di osservare il contesto reale in cui si trova, di guardarsi attorno e di interagire con altri utenti.

1.2. Visori HTC Vive Pro

Per un'esperienza maggiormente immersiva, il laboratorio è dotato anche di due visori HTC Vive Pro (Fig. 4). Questo tipo di apparecchiatura, a differenza di quelle descritte in precedenza, copre la parte superiore del viso dell'osservatore, impedendo alla vista di spaziare al di fuori del “mon-

do” virtuale. È dotato di un sistema di cuffie, che contribuiscono ulteriormente all’isolamento dell’individuo.

L’utente ha a tutti gli effetti l’impressione di trovarsi immerso nello spazio virtuale ed è quasi del tutto distaccato dalla realtà circostante. La percezione è arricchita e resa più intensa dalla possibilità di usare due controller, che spesso simulano l’uso delle mani o di altri oggetti, atti a interagire con l’ambiente virtuale.



Fig. 4 - Visore e controller HTC Vive Pro

Questi visori sono anche dotati di un sistema di eye tracking, molto utile per valutare i movimenti degli occhi davanti a vari stimoli o per verificare dove l’attenzione degli utenti si concentra maggiormente. L’eye tracking può in realtà essere usato anche come ulteriore modo di interagire con l’ambiente virtuale: per esempio, fissando per qualche secondo un oggetto particolare, diventa possibile “tele-trasportarsi” nelle sue vicinanze.

1.3. Motion Capture

La tecnologia di Motion Capture consente di rilevare e registrare i movimenti di una persona attraverso una serie di marker fissati sulle varie parti del corpo. L’utente può indossare una tuta completa corredata da questi marker oppure vari oggetti come gambali, guanti, e così via, che consentono di rilevare i movimenti dei singoli arti.

Attraverso otto telecamere sensibili al materiale di cui sono costituiti i marker, il software presente nel Laboratorio LIFE è in grado di tracciare i movimenti nello spazio e di immagazzinare le coordinate di movimento della persona che indossa la tuta, registrando tutti i suoi movimenti (Fig. 5). Attraverso l'uso di altri programmi, questi movimenti possono essere poi applicati a personaggi fittizi che a loro volta possono essere inseriti nei diversi ambienti di realtà virtuale.

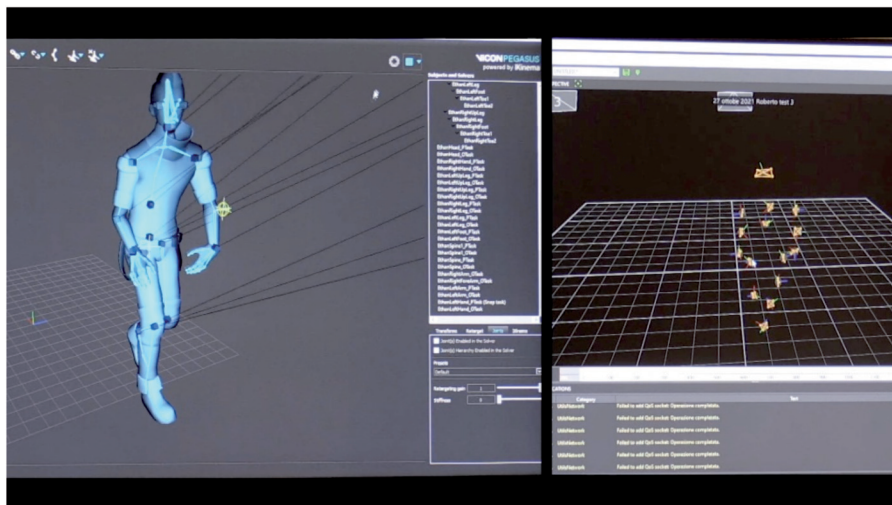


Fig. 5 - Software di Motion Capture

Inoltre, immaginando che una persona dotata di visore immersivo indossi la tuta o i sensori mentre è sottoposto a vari stimoli, diventa possibile, e soprattutto interessante dal punto di vista scientifico, registrare i suoi movimenti e quindi analizzarli in funzione delle varie situazioni a cui va incontro nel mondo virtuale.

2. Extended Reality e robot

All'interno del quadro sopra descritto è possibile immaginare di utilizzare le tecnologie del Laboratorio LIFE per la creazione e la fruizione della simulazione di molteplici ambienti ed esperienze che, nella realtà tangibile, sono caratterizzate da un elevato livello di complessità o che sono

scarsamente accessibili. In quest'ottica la simulazione del funzionamento di robot e della loro interazione con l'ambiente fisico ci sembra un perfetto esempio di come le tecnologie del LIFE, tra le altre cose, possano essere impiegate in ambito scientifico.

Quando parliamo di tecnologie ci riferiamo in particolare, da una parte, agli strumenti di Extended Reality, visori e virtual wall, come mezzi di fruizione e interazione da parte dell'essere umano, e dall'altra alle piattaforme per la creazione di esperienze 3D in real-time, Unity e Unreal Engine tra i più diffusi, per la creazione delle simulazioni in senso lato.

Anche il setting speculare a quello descritto precedentemente, utilizzo di robot fisici e virtualizzazione della realtà, appare altrettanto prolifico in questo contesto.

Sperimentazioni di questo tipo non sono ancora state messe in atto all'interno del LIFE ma si cercherà qui di illustrarne le potenzialità. La co-presenza del Laboratorio di simulazione del comportamento e robotica educativa "Luciano Gallino" e del LIFE, infatti, crea le giuste condizioni per sperimentazioni reciprocamente fertili.

3. Dal virtuale al reale

3.1. *Virtual Cobot*

La crescente attenzione nei confronti dei Collaborative Robots (Cobot) (Weiss, Wortmeier, Kubicek, 2021) in ambito di produzione industriale richiede una progettualità in ambito HRI (Human Robot Interaction) (Simões *et al.*, 2022), in cui la simulazione in realtà virtuale delle interazioni tra gli agenti uomo e macchina può apportare benefici a vari livelli.

Un esempio lo si trova nella riduzione dei tempi delle fasi di progettazione e sviluppo (Malik *et al.*, 2020) dei task di un processo produttivo o nell'analisi approfondita di un singolo task del processo stesso.

Oltre alla riduzione dei tempi, appare evidente come la realtà simulata consenta lo studio di casi d'uso e di interazioni uomo/macchina, previste ed imprevedute, in un contesto sicuro e facilmente modificabile ai fini di analisi.

Come indicato da Weiss *et al.*, occorre distinguere tra Human-Robot Collaboration e la Human-Robot Cooperation. Queste due modalità sono caratterizzate da tipologie di interazioni differenti ed in particolare nella diversa interdipendenza delle azioni svolte dal robot e dell'essere umano.

Nel caso della cooperation la simulazione delle interazioni dovrà essere progettata tenendo conto di sub-task separati per uomo e robot caratte-

rizzati da un fine ultimo comune. Nel caso della collaboration invece, le operazioni vengono svolte dall'uomo e dal robot in maniera coordinata all'interno di un task comune.

A prescindere dal livello di applicazione, gli attori, siano essi H (human) o R (robot), possono prendere parte alla “messa in scena” del processo su un palcoscenico virtuale comune. Ciò fornisce maggiore versatilità e adattabilità rispetto ad una implementazione tangibile all'interno del contesto produttivo, intrinsecamente più rigida.

In questa direzione sono stati sviluppati alcuni strumenti come, ad esempio, lo Unity Robotics Visualizations Package¹ che consente la simulazione di robot attraverso la visualizzazione di messaggi ROS (Robot Operating System; Quigley *et al.*, 2009) all'interno di Unity.

3.2. *Virtual Robot*

Anche la virtualizzazione di robot che operano in contesti che non prevedono l'interazione diretta con gli esseri umani, può portare benefici.

È particolarmente utile la simulazione di scenari che richiedono l'utilizzo di diversi robot che svolgono singoli compiti specifici simultaneamente. Le multiple interazioni che si vengono a creare in un contesto simile sono intrinsecamente generatrici di complessità. La loro misurazione ed osservazione appare più immediata e la loro modifica maggiormente duttile se attuata su modelli virtualizzati.

4. Dal reale al virtuale

Oltre alla virtualizzazione di robot con cui interagire all'interno di ambienti virtuali è naturale ipotizzare attività di ricerca che prevedano l'utilizzo di robot reali la cui attività, o prodotto di essa, venga fruita all'interno di ambienti di Extended Reality.

1. <https://blog.unity.com/manufacturing/introducing-unity-robotics-visualizations-package>.

4.1. Social robot e VR

Nella casistica sopra descritta rientra la fruizione, all'interno di un ambiente virtuale, della realtà mediata da un social robot.

I social robot come Pepper ad esempio, possono facilitare le interazioni centrate sulla persona al punto da avere effetti positivi su stati emotivo-fisiologici come la percezione di solitudine, di ansia o benessere in alcuni gruppi sociali come quello degli anziani all'interno di strutture di cura a lungo termine (Blindheim *et al.*, 2022).

L'integrazione di strumenti di Extended Reality associati ad un social robot dotato di funzionalità di telepresenza, potrebbe consentire un ulteriore potenziamento sull'impatto emotivo delle interazioni.

Possiamo infatti immaginare l'uso di un social robot con funzionalità di telepresenza come interfaccia attiva, ad esempio, tra una persona (che qui chiameremo attore 1) ed un'altra "presente" da remoto all'interno di un ambiente di Extended Reality (attore 3) in cui interagisce con l'attore 1 attraverso il social robot (attore 2). Quest'ultimo non svolgerebbe solo la sua funzione di social robot "classica" nei confronti dell'attore 1 ma il suo impatto emotivo potrebbe essere influenzato dalle azioni dall'attore 3 il quale, a sua volta vedrebbe la sua interazione mediata e modificata dal robot (Fig. 6).

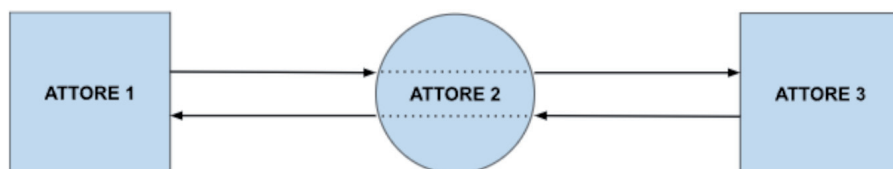


Fig. 6 - Schema interazione attori

Appare evidente da quanto sopra enunciato, che una ricerca in questo ambito potrebbe avere come obiettivo la misura dell'influenza che ciascun attore ha mutualmente nei confronti degli altri.

5. Conclusioni

In questo periodo storico di profondi cambiamenti tecnologici e sociali, si è qui cercato di illustrare alcuni scenari possibili in cui la sinergia dei due laboratori, Gallino e LIFE, può diventare condizione mutualmente

prolifica per la sperimentazione a vari livelli ed essere portatrice di valore difficilmente producibile in altri contesti.

Inoltre, la nascita e la diffusione di ambienti virtuali immersivi come il Metaverso, tra gli altri, aprono molteplici prospettive di studio e analisi che, innestate nelle possibilità già presenti nei due laboratori, potranno portare all'esplorazione di ambiti fino a qui poco indagati.

Bibliografia e sitografia

- Ahmad M.A., Masood T., Bilberg A. (2020), “Virtual Reality in Manufacturing: Immersive and Collaborative Artificial-reality in Design of Human-robot Workspace”, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 33(1), pp. 22-37.
- Blindheim K., Solberg M., Hameed I.A., Alnes R.E. (2022), “Promoting Activity in Long-term Care Facilities with the Social Robot Pepper: A Pilot Study”, *Informatics for Health & Social Care Ahead-of-print.Ahead-of-print*, pp. 1-15.
- Quigley M., Conley K., Gerkey B., Faust J., Foote T., Leibs J., ... Ng A.Y. (2009, May), “ROS: an open-source Robot Operating System”, in *ICRA workshop on open source software*, vol. 3, n. 3.2, p. 5.
- Simões A.C., Pinto A., Santos J., Pinheiro S., Romero D. (2022), “Designing Human-robot Collaboration (HRC) Workspaces in Industrial Settings: A Systematic Literature Review”, *Journal of Manufacturing Systems*, 62, pp. 28-43. Web.
- Weiss A., Wortmeier A.K., Kubicek B. (2021), “Cobots. Industry 4.0: A Roadmap for Future Practice Studies on Human-Robot Collaboration”, *IEEE Transactions on Human-machine Systems*, 51(4), pp. 335-45.

<https://blog.unity.com/manufacturing/introducing-unity-robotics-visualizations-package>

<https://www.ros.org>

16. Big Data, microprocessori, sicurezza ed educazione al valore del dato nella scuola primaria

di *Barbara Infante e Renato Grimaldi*

1. Premessa

Viviamo in una società digitale dove le tecnologie sono parte integrante della vita quotidiana di adulti e bambini (Grimaldi, 2022). Usiamo costantemente dispositivi appartenenti al mondo di *Internet of Things* che producono un'innumerabile quantità di dati, i cosiddetti Big Data. Pensiamo a sensori di vario genere, ai segnali GPS, ai dispositivi smart presenti nelle nostre abitazioni, auto, città e alle applicazioni su di esse installate, senza tralasciare la sconfinata rete di computer connessi al Web. Riteniamo dunque indispensabile educare i nostri bambini e bambine al valore del dato, già dalla scuola primaria.

2. Come si inseriscono i bambini di oggi, la futura generazione adulta, in questa società dominata dal digitale?

Fino ad alcuni anni fa gli studiosi avrebbero risposto che i bambini sono “nativi digitali” e quindi assolutamente a loro agio con le tecnologie, che considerano un elemento naturale, senza provare alcun disagio nel manipolarle. Tuttavia, studi successivi hanno messo in evidenza che l'essere nati in un mondo digitale non comporta l'acquisizione spontanea della competenza digitale, ma essa va adeguatamente sviluppata già a partire dalla scuola primaria.

Questa è la sfida formativa che il mondo della scuola deve affrontare. E non può esaurirsi nella pura alfabetizzazione informatica, ma deve comprendere la capacità di sapersi adeguatamente orientare nel mondo

“digitale”, popolato da Big Data. Si tratta di fornire gli strumenti per poter passare dall’essere consumatori “passivi” delle tecnologie a consumatori “critici” e capaci di creare nuovi contenuti, riconoscendo il valore che risiede negli innumerevoli dati che le tecnologie producono. L’obiettivo è di tale portata da richiedere interventi mirati e condotti con regolarità nei vari ordini scolastici, a partire dalla scuola primaria fino al percorso universitario.

Secondo le recenti indicazioni del MIUR, i bambini di oggi lavoreranno in industrie 4.0 e saranno cittadini delle Smart City. Il Sistema di istruzione e formazione nazionale deve quindi sviluppare nei futuri adulti le competenze richieste dal mondo del lavoro e dalla società. Allo scopo il MIUR ha istituito un Gruppo di lavoro sui Big Data: «Si ritengono necessarie azioni per educare i bambini della scuola primaria al valore del dato e ai Big Data nello sviluppo delle competenze digitali fin dalla scuola primaria». Questo Gruppo di lavoro ha invitato a fare in modo di «dare un’esperienza di Big Data a ogni studente». E ciò può essere fatto progettando un percorso didattico orientato a mettere in evidenza il valore dei dati, focalizzato su una situazione facilmente sperimentabile e stimolante per l’apprendimento.

3. Educare al valore del dato fin dalla scuola primaria

Per rispondere a questa domanda abbiamo avviato un progetto di ricerca nella Scuola primaria “Marconi” di Collegno (TO) che ha coinvolto una classe IV (con la collaborazione degli insegnanti, che sono stati parte attiva di questa esperienza) (Infante, 2018). L’obiettivo è quello di introdurre i bambini/e nel mondo dei Big Data, mettendo in evidenza il loro valore, ossia le informazioni che contengono. È stato installato in un’aula scolastica un multi-sensore che registra ogni minuto della giornata dati relativi a temperatura, umidità, luminosità e concentrazione di CO₂, ossia composti organici volatili che sono immediatamente “traducibili” in sensazione di caldo/freddo, secchezza e qualità dell’aria (Fig. 1).

Il lavoro ha consentito di sensibilizzare gli alunni al mondo dei dati e dei Big Data e ha fornito i fondamenti per comprenderne il valore. Attraverso l’utilizzo del sensore, i bambini sono stati introdotti al mondo dell’Internet of Things.

Hanno sperimentato che quell’oggetto che per due mesi è stato con loro in classe (marzo-aprile 2018) – e a cui si sono immediatamente affezionati – genera dei dati. Hanno potuto visualizzare tali informazioni sulla LIM



Fig. 1 - Il sensore installato in aula

accedendo alla piattaforma Smart Data Platform, dal code-name Yucca (progettata e implementata dal CSI-Piemonte)¹.

Per favorire una lettura grafica dei dati è stata inoltre utilizzata una dashboard con due cruscotti sintetici che riportano i valori medi di temperatura e concentrazione di CO₂ rilevati in classe nell'ultima ora (Fig. 2).



Fig. 2 - Dashboard personalizzata per la scuola "Marconi" di Collegno

1. Nel 1977 la Regione Piemonte, il Politecnico e l'Università di Torino fondano il "Consorzio Piemontese per il trattamento automatico dell'informazione". L'idea è quella di modernizzare la pubblica amministrazione creando un sistema informativo regionale unificato. Oggi il CSI è partner tecnologico di oltre 100 enti pubblici ed è tra i protagonisti della trasformazione digitale del Paese.

Sotto la supervisione di un insegnante, i bambini hanno imparato a leggere dalla piattaforma Yucca i dati ambientali della loro aula e più volte al giorno li hanno riportati su un registro delle rilevazioni (Fig. 3).

DATA	ORA (ore/min/sec)	T	UR	CO ₂	INTERVENTO EFFETTUATO
23/02/2018	4:10:41	21,6	27,55	1521,0	apertura finestra
23/02/2018	4:36:49	26,65	25,88	63,0	Chiusa finestra
24/02/2018	4:36:27	25,10	26,83	110,0	aperta finestra
24/02/2018	4:08:42	21,55	24,91	76,0	Chiusa finestra
28/02/2018	13:04:34	28,78	34,84	1344,0	apertura finestra
28/02/2018	13:19:36	28,37	29,02	763,0	chiusura finestra
28/03/2018	15:50:40	23,6	31,48	1219,0	apertura della finestra
28/03/2018	16:07:12	26,31	29,79	746,0	Chiusura della finestra
05/04/2018	12:11:49	23,86	31,79	1601,0	APERTURA FINESTRA
05/04/2018	13:45:43	26,27	31,98	1009,0	CHIUSURA FINESTRA
06/04/2018	12:06:50	22,23	30,72	442,0	apertura finestra
06/04/2018	13:10:16	22,55	29,91	862,0	chiusura finestra
06/04/2018	13:55:58	23,16	31,5	102,0	apertura finestra
06/04/2018	14:11:03	23,08	29,28	550,0	Chiusura finestra

Fig. 3 - Il registro cartaceo delle rilevazioni

Con il supporto della dashboard hanno analizzato e interpretato i dati e valutato l'azione da intraprendere (un eventuale intervento di apertura delle finestre per riportare i valori nelle aree di comfort). Sempre attraverso l'analisi dei dati registrati, i bambini hanno rilevato la normalizzazione dei valori anomali e hanno quindi provveduto a chiudere la finestra.

Attraverso questo percorso didattico i bambini hanno sperimentato concretamente che i valori ambientali della loro aula, rilevati dal sensore,

sono stati “trasformati” in dati e registrati su Internet e pertanto resi accessibili. Hanno inoltre constatato che i dati registrati sulla piattaforma sono tanti, anzi tantissimi: a rilevazione conclusa circa 100.000, pari a “40 quadernoni scritti”, per utilizzare un’unità di misura che è risultata facilmente comprensibile. Tali informazioni, per volume, velocità di rilevazione, capacità di visualizzazione e valore si possono definire a pieno titolo Big Data. Hanno dunque imparato a leggere i dati ambientali della loro aula e a interpretarli, estrapolando le informazioni utili per orientare il comportamento. Gli alunni/e sono quindi riusciti a leggere, interpretare i dati ed agire di conseguenza per riportare i valori elevati di concentrazione di CO₂ (parti per milione - ppm) entro valori di benessere.

Nel grafico (Fig. 4) sono evidenziati i momenti in cui sono state svolte le azioni “suggerite” dalla lettura e interpretazione dei dati (come “apertura finestra” o “chiusura finestra”).

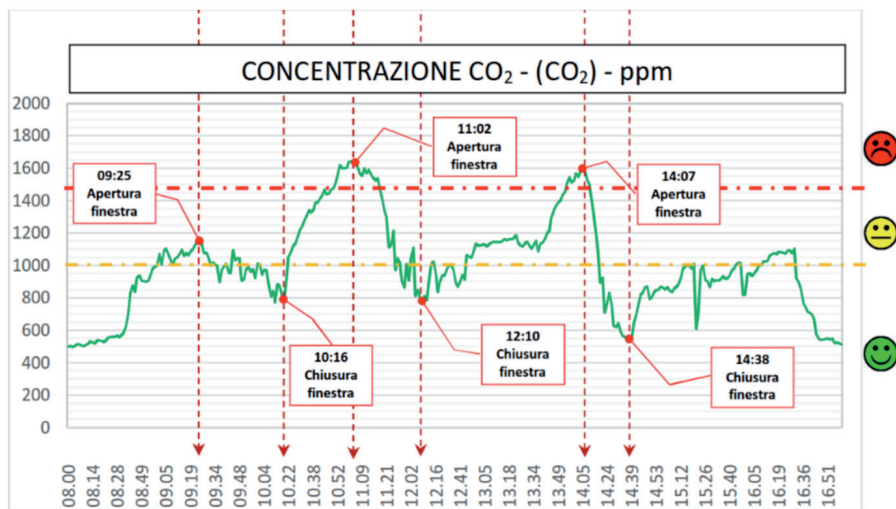


Fig. 4 - Andamento della concentrazione di CO₂

La soluzione didattica progettata rappresenta una proposta, un primo passo nel percorso lungo e complesso che comporta lo sviluppo della digital literacy, life-skill essenziale per i cittadini dell’attuale società dell’informazione.

4. Monitorare l'aria per limitare la diffusione di virus e creare un clima di benessere scolastico

Una ricerca condotta dall'Istituto cooperativo per la ricerca in scienze ambientali presso l'University of Colorado Boulder sostiene che, monitorare gli ambienti chiusi, limiti la diffusione del Covid-19. Si legge infatti in *Covid 19, CO₂ e trasmissione del virus*:

[...] Monitorare i livelli di anidride carbonica all'interno di un ambiente è un modo utile ed economico per determinare il rischio che le persone contraggano Covid-19. Lo ha scoperto uno studio condotto dal Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences (CIRES) e dell'Università del Colorado Boulder. I risultati sono stati pubblicati sulla rivista "Environmental Science & Technology Letters".

[...] Secondo Peng, è importante capire che non esiste un singolo livello di CO₂ sicuro quando si condivide uno spazio chiuso con altre persone. Questo in parte è dovuto a quello che le persone fanno, come cantare, parlare ad alta voce, esercitarsi, ecc. Un livello di CO₂ di 1.000 ppm, che è ben al di sopra dei livelli esterni di circa 400 ppm, potrebbe essere relativamente sicuro in una biblioteca tranquilla con mascherine ma non in una palestra senza mascherine. Ma in ogni spazio interno, il modello può indicare il rischio "relativo": se i livelli di CO₂ in una palestra scendono da 2.800 a 1.000 ppm, anche il rischio di trasmissione di Covid-19 scende a un quarto del rischio originario. In biblioteca, se un afflusso di persone fa passare la CO₂ da 800 a 1.600, il rischio di trasmissione si triplica.

[...] Ma la conclusione più importante è che per ridurre al minimo il rischio, è fondamentale mantenere i livelli di CO₂ in tutti gli spazi in cui condividiamo l'aria, il più bassi possibile. «Ovunque si condivide l'aria, minore è la CO₂, minore è il rischio di infezione», conclude Jimenez².

5. Conclusioni

Questa sperimentazione condotta presso la scuola primaria "Marconi" di Collegno nel 2018 (in periodo pre-pandemico) insegna come attraverso l'uso dei Big Data gli alunni possano diventare protagonisti del loro benessere e di quello dei loro cari, limitando al massimo il pericolo di contagio. E questo può avvenire semplicemente leggendo i dati di un sensore e aprendo e chiudendo la finestra della propria aula, facendo scendere il livello di CO₂ diciamo sotto 1.000 ppm. Recenti misurazioni indicano come

2. "La Repubblica", 8 aprile 2021, www.repubblica.it/green-and-blue/2021/04/08/news/covid_altilivelli_di_co2_aumentano_il_rischio_trasmissione-295518232.

entrare in una metropolitana affollata possa portare a valori di 6.000 ppm. Tornando alla nostra ricerca, la Fig. 4 mostra come si superino facilmente 1.600 ppm nella normale attività didattica. Un sensore capace di misurare il livello di CO₂ in ogni aula potrebbe essere dunque uno strumento efficace per tenere sotto controllo la diffusione del contagio e comunque garantire un clima ambientale rivolto al benessere della persona. Dati (big data nel nostro caso), analisi e azioni conseguenti, in una catena socio-pedagogica di alto valore educativo.

Per concludere, citando ancora il MIUR, i dati sono una «miniera di opportunità» e, diciamo noi (parafrasando il titolo di un noto volume di Mario Morcellini, 2005), *i Big Data fanno bene ai bambini!*

Bibliografia

- Grimaldi R., a cura di (2022), *La società dei robot*, Mondadori, Milano.
- Infante B. (2018), *Big Data e il valore del dato nella scuola primaria: un progetto di ricerca empirica*, tesi di laurea in Formazione Primaria, Dipartimento di Filosofia e Scienze dell'Educazione dell'Università di Torino (relatori proff. Grimaldi R. e Leone M.).
- Morcellini M. (2005), *La TV fa bene ai bambini*, Meltemi, Milano.

Processi e linguaggi dell'apprendimento
diretta da R. Trincherò

Ultimi volumi pubblicati:

ILARIA SALVADORI, *L'insegnante esperto*. Le possibili declinazioni della leadership docente.

ALBERTO PAROLA, MARIA GRAZIA TURRI, *Legami vitali fra Scuola, Università, Impresa*. Il progetto "ScopriTalento".

GAETANO DOMENICI, VALERIA BIASI (a cura di), *Atteggiamento scientifico e formazione dei docenti*.

FRANCESCO BEARZI, SALVATORE COLAZZO, *New WebQuest*. Apprendimento cooperativo, comunità creative di ricerca e complex learning nella scuola di oggi (disponibile anche in e-book).

ROBERTO TRINCHERO, ALBERTO PAROLA (a cura di), *Educare ai processi e ai linguaggi dell'apprendimento* (disponibile anche in e-book).

Processi e linguaggi dell'apprendimento
Open Access - diretta da R. Trincherò

Ultimi volumi pubblicati:

GIANCARLO GOLA, *Video-analisi. Metodi prospettive e strumenti per la ricerca educativa* (E-book).

CRISTIANO CORSINI, GIUSEPPE C PILLERA, CHRISTOPHER H. TIENKEN, MARIA TOMARCHIO (a cura di), *Evaluating Educational Quality* (E-book).

IRENE DORA MARIA SCIERRI, MARCO BARTOLUCCI, ROSARIO SALVATO (a cura di), *Lettura e dispersione* (E-book).

Questo 
LIBRO

 ti è piaciuto?

Comunicaci il tuo giudizio su:
www.francoangeli.it/latuaopinione.asp



VUOI RICEVERE GLI AGGIORNAMENTI
SULLE NOSTRE NOVITÀ
NELLE AREE CHE TI INTERESSANO?



SEGUICI IN RETE



SOTTOSCRIVI
I NOSTRI FEED RSS



ISCRIVITI
ALLE NOSTRE NEWSLETTER

FrancoAngeli

La passione per le conoscenze

Vi aspettiamo su:

www.francoangeli.it

per scaricare (gratuitamente) i cataloghi delle nostre pubblicazioni

DIVISI PER ARGOMENTI E CENTINAIA DI VOCI: PER FACILITARE
LE VOSTRE RICERCHE.



Management, finanza,
marketing, operations, HR

Psicologia e psicoterapia:
teorie e tecniche

Didattica, scienze
della formazione

Economia,
economia aziendale

Sociologia

Antropologia

Comunicazione e media

Medicina, sanità



Architettura, design,
territorio

Informatica, ingegneria

Scienze

Filosofia, letteratura,
linguistica, storia

Politica, diritto

Psicologia, benessere,
autoaiuto

Efficacia personale

Politiche
e servizi sociali



FrancoAngeli

La passione per le conoscenze