

# Smart Lifelong Learning

L'Andragogia nell'era dell'Intelligenza Artificiale

# Smart Lifelong Learning

Andragogy in the age of Artificial Intelligence

DARIO LOMBARDI, LUIGI TRAETTA\*

**RIASSUNTO:** Il presente studio esplora il potenziale dei sistemi di intelligenza artificiale (IA) nel supportare l'educazione e il miglioramento cognitivo degli anziani, con l'obiettivo di incrementare la loro qualità della vita. Attraverso un'approfondita revisione della letteratura, vengono analizzati sia i benefici che le sfide legate all'uso dell'IA in questo contesto. I risultati indicano che l'IA può offrire vantaggi significativi nel miglioramento cognitivo e educativo degli anziani, tuttavia, restano ancora da affrontare sfide importanti riguardanti la sua implementazione e l'accettazione da parte della popolazione.

**PAROLE-CHIAVE:** Smart aging, Cognitive training, Artificial intelligence.

**ABSTRACT:** This study explores the potential of artificial intelligence (AI) systems in supporting education and cognitive enhancement among the elderly, with the aim of improving their quality of life. Through an in-depth literature review, both the benefits and challenges associated with AI usage in this context are examined. The findings suggest that AI can offer significant advantages in cognitive and educational improvement for the elderly; however, there remain substantial challenges related to its implementation and acceptance among the population.

**KEY-WORDS:** Smart aging, Cognitive training, Artificial intelligence.

\* Università degli Studi di Foggia.

## 1. Introduzione

I recenti studi di neuroscienze confermano quanto i principali modelli pedagogici sostengono da tempo: le capacità di adattamento all'ambiente di un individuo si manifestano durante tutto l'arco della vita (Wu et al., 2019).

Questo fenomeno è attribuibile alla plasticità cerebrale, ossia la capacità del sistema nervoso di modificarsi strutturalmente e funzionalmente in risposta alle sollecitazioni ambientali (Bryson & Siegel, 2012).

La plasticità consente di adattare i modelli di rappresentazione della realtà attraverso osservazioni e processi di elaborazione statistica di tipo bayesiano (Kappel et al., 2015). Tale capacità è essenziale per l'adattamento e la sopravvivenza dell'individuo nei diversi contesti in cui vive e interagisce.

Sebbene sia noto che il cervello umano raggiunga il picco della plasticità durante l'infanzia, le aree corticali dell'encefalo mantengono una certa adattabilità per tutta la vita, in quanto l'individuo deve costantemente adattarsi a un ecosistema in continua evoluzione.

Il concetto di plasticità cerebrale è strettamente legato a quello di modificabilità cognitiva, ovvero alla tendenza dell'organismo umano a essere influenzato dall'ambiente circostante e, al contempo, a plasmarlo (Boninelli et al., 2016). Questo processo, se orientato verso l'istruzione e l'adozione di metodologie didattiche mirate, può contribuire in modo significativo alla crescita continua di ogni individuo (Feuerstein & Consoli, 2008).

Tutto ciò è confermato dagli studi condotti da Lovden e colleghi (2020), i quali dimostrano che l'istruzione continua ha un effetto positivo nel rallentare il deterioramento delle funzioni cognitive in età avanzata, rappresentando uno dei trattamenti preventivi più efficaci contro la compromissione cognitiva nell'invecchiamento.

Garantire un'istruzione continua, nell'ottica del lifelong learning, aumenta la riserva cognitiva, ovvero la capacità del cervello di compensare lesioni o perdita di neuroni attraverso l'uso di strategie cognitive alternative (Scarmeas et al., 2003) e la creazione di reti neurali più efficienti (Stern, 2009).

Inoltre, è stato dimostrato che l'istruzione formale (Valenzuela & Sachdev, 2006) e i programmi di addestramento cognitivo (Belleville et al., 2011) incrementano la plasticità cerebrale nei sistemi cognitivi degli anziani.

L'istruzione rivolta alle persone in età avanzata è anche associata a un miglioramento complessivo della qualità della vita, con un aumento del reddito, un accesso facilitato alle risorse e ai servizi sanitari (Singh-Manoux et al., 2012) e una riduzione del rischio di sviluppare demenza senile (Fratiglioni et al., 2004).

Per garantire una formazione continua di qualità, anche a distanza, si stanno diffondendo una serie di servizi educativi e sanitari rivolti agli anziani, supportati da sistemi di intelligenza artificiale (Al Braiki et al., 2020; Alnajjar et al., 2019).

Questo fenomeno risponde alle esigenze della contemporaneità, dove la vita è sempre più integrata con dispositivi tecnologici, in particolare di intelligenza artificiale, che offrono servizi essenziali in ambito sanitario, economico, sociale ed educativo (Verma, 2018).

Tali tecnologie si affermano come strumenti inclusivi (Akharas & Brna, 2011), capaci di fornire a categorie tradizionalmente emarginate le competenze necessarie per affrontare le sfide della società attuale (Siau, 2019).

Tuttavia, nonostante i benefici, si riscontrano diverse difficoltà nell'inclusione delle persone anziane nell'uso di sistemi di intelligenza artificiale. Il fenomeno, noto come *Digital Ageism*, consiste nell'emarginazione e nell'esclusione delle persone anziane dall'accesso, dall'uso e dal coinvolgimento nello sviluppo di sistemi intelligenti, a causa di pregiudizi e stereotipi negativi.

Questi pregiudizi si riflettono nello sviluppo degli algoritmi, generando bias che rispecchiano le discriminazioni della società nei confronti degli anziani e delle loro capacità di utilizzare dispositivi digitali. Ciò può portare alla creazione di sistemi di intelligenza artificiale non generalizzabili, che ignorano le esigenze, gli interessi e i valori degli anziani, creando disuguaglianze e ingiustizie (Chu et al., 2022).

L'obiettivo di questa revisione è quindi evidenziare come i sistemi di intelligenza artificiale possano contribuire a fornire supporto cognitivo ed educativo agli anziani, migliorando la loro qualità della vita, e analizzare le problematiche legate all'uso di questi dispositivi da parte delle persone di terza età.

## 2. Metodologia

Questo paragrafo descrive l'approccio metodologico adottato per il seguente contributo, con particolare attenzione alle scelte metodologiche, alle parole chiave utilizzate per la ricerca nei vari database, ai criteri di eleggibilità applicati durante la selezione e alle prime evidenze raccolte.

Per individuare gli articoli che esaminano il ruolo dei sistemi di intelligenza artificiale nell'offerta di servizi educativi agli anziani, è stato scelto il metodo della scoping review. Questo approccio, descritto come un'esplorazione preliminare della letteratura scientifica, ha lo scopo di sintetizzare in modo sistematico e critico le evidenze su un tema di rilevanza scientifica.

La conduzione dell'indagine è stata strutturata seguendo le linee guida della PRISMA Extension for Scoping Reviews (Munn et al., 2018; Tricco et al., 2018).

La ricerca degli articoli è stata effettuata nei seguenti database: ERIC, Scopus e Science Direct (EMBASE). Questi sono stati selezionati per il loro ampio spettro disciplinare, che consente di raccogliere ricerche provenienti da diversi ambiti scientifici.

Le parole chiave utilizzate per la ricerca sono state: ("smart aging" OR "elderly" OR "old" OR "adults") AND ("cognitive training" OR "education") AND ("artificial intelligence" OR "AI").

La ricerca ha prodotto i seguenti risultati: 942 articoli su Scopus, 10 articoli su ERIC e 93 articoli su Science Direct, per un totale di 1.045 articoli. I contributi sono stati successivamente caricati sulla piattaforma AI Rayyan per una prima fase di revisione, basata sulla lettura dei titoli e degli abstract.

Di seguito vengono riportati i criteri di inclusione ed esclusione applicati in questo studio.

### *Criteri di inclusione:*

- a. articoli pubblicati sino a settembre 2023;
- b. studi pubblicati in lingua inglese;
- c. studi che riguardavano l'educazione e il training cognitivo di persone anziane tramite l'applicazione di sistemi di intelligenza artificiale;
- d. studi empirici (qualitativi e quantitativi) che analizzano l'implicazione dei sistemi ai nell'educazione, nell'istruzione e nel training cognitivo tra le persone anziane.

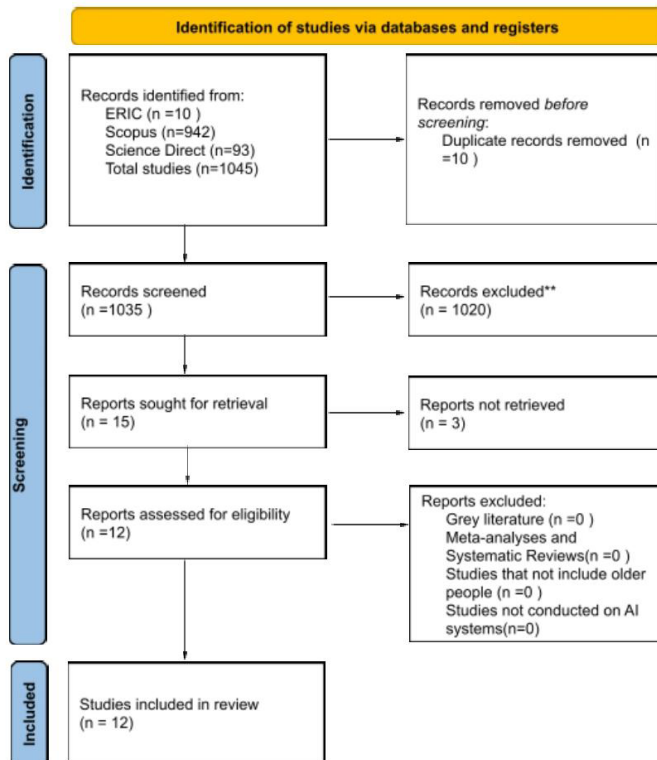


Figura 1. PRISMA Scoping Review Flowchart.

### *Criteria di esclusione:*

1. è stata esclusa la letteratura grigia (materiali relativi a organizzazioni esterne ai tradizionali canali accademici);
2. sono stati esclusi metanalisi e studi sistematici;
3. studi che non includono persone anziane;
4. studi che non prevedevano l'applicazione di sistemi ai;
5. sono state escluse le revisioni sistematiche e le metanalisi sul tema.

Il processo di selezione degli studi è stato suddiviso in due fasi. Nella prima fase, dopo la rimozione dei duplicati, sono stati sottoposti a revisione indipendente i 1.045 studi recuperati dai database.

Nella seconda fase, l'ammissibilità dei 27 studi preliminarmente inclusi è stata valutata mediante la lettura integrale dei testi, dopo una prima se-

lezione basata su titolo e abstract. Eventuali disaccordi tra i revisori sono stati risolti con l'intervento di un esperto esterno e imparziale (ATM), attraverso una discussione condivisa.

Al termine di questa fase, gli autori hanno suddiviso tra loro gli studi definitivamente inclusi, procedendo alla codifica individuale. Dalla *Data Extraction Table* sono state estratte le seguenti informazioni: riferimenti bibliografici, autore/i, paese di origine, tipo di studio, dimensione del campione, tipologia di sistema AI utilizzato, metodi e procedure adottati, variabili misurate, misure e analisi statistiche, e principali risultati. Infine, i dati estratti sono stati sintetizzati in modo narrativo nella sezione "Risultati".

La figura 1 illustra le diverse fasi del processo di revisione, secondo i criteri individuati nella *PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation*.

### 3. Risultati

In questo studio di revisione, sono stati inizialmente inclusi 27 articoli. Dopo una lettura completa dei testi, si è deciso di includerne definitivamente 12, tutti pubblicati tra il 2019 e il 2023. Il numero di partecipanti nei campioni degli studi variava tra 20 e 538.

Dei 12 studi selezionati, 10 hanno coinvolto anziani in programmi di training cognitivo mediati da sistemi AI (Ali et al., 2021; Kim et al., 2023; Andriella et al., 2023; Singh et al., 2022; Woods et al., 2022; Cristiano et al., 2022; Eun et al., 2022; Otake-Matsuura et al., 2022; Kim et al., 2021; Eun et al., 2020; Woods et al., 2022). I restanti 2 studi (Cesta et al., 2019; Auster-Gussman et al., 2022) si sono concentrati su interventi mirati all'educazione e all'istruzione degli anziani.

Tutti gli studi inclusi hanno applicato concretamente sistemi AI, con l'obiettivo di verificarne empiricamente l'efficacia. La maggior parte degli studi è di natura quantitativa, ad eccezione di uno che utilizza un approccio misto (Cristiano et al., 2022), combinando focus group e questionari online.

I 12 studi sono stati suddivisi in due categorie principali: 10 studi che applicano i sistemi AI per il training cognitivo degli anziani e 2 studi che utilizzano dispositivi AI a fini educativi.

### 3.1. AI per il training cognitivo

Lo studio di Ali et al. (2021) ha esplorato la fattibilità e l'accettabilità del programma di training cognitivo online "Aging and Engaging Program" (AEP), progettato per migliorare le abilità comunicative negli anziani con difficoltà comunicative. Durante lo studio, il sistema AI "Aging & Engaging" ha fornito feedback automatizzati su aspetti cruciali della comunicazione, come il contatto visivo, l'espressione facciale, il volume della voce e il contenuto delle conversazioni.

I partecipanti sono stati divisi in due gruppi: il gruppo sperimentale ha interagito con l'AEP a casa per 4-6 settimane, mentre il gruppo di controllo ha ricevuto solo materiale educativo per migliorare le abilità di conversazione, senza partecipare al programma AEP. I risultati hanno mostrato che i partecipanti del gruppo sperimentale hanno registrato miglioramenti significativi nel contatto visivo e nell'espressività facciale, suggerendo l'efficacia dell'AEP nel potenziare la comunicazione non verbale negli anziani con difficoltà comunicative.

Un altro studio, condotto da Kim et al. (2023), ha valutato l'efficacia del programma AI "Silvia" su 59 anziani a rischio di demenza, focalizzandosi sul miglioramento delle funzioni cognitive.

Il programma, della durata di 12 settimane, comprendeva cinque aree principali: routine quotidiana, training cognitivo, monitoraggio dello stile di vita, esercizio fisico a domicilio e valutazione cognitiva tramite un bot AI. I risultati hanno rivelato un miglioramento più marcato delle funzioni cognitive nei partecipanti tra i 76 e gli 88 anni rispetto a quelli tra i 62 e i 68 anni, evidenziando l'importanza dell'età nel successo dell'intervento.

Nello studio di Andriella et al. (2023), il sistema AI "Caresser", integrato con il robot TIAGo, è stato utilizzato per fornire assistenza cognitiva personalizzata agli anziani con demenza e disabilità intellettiva lieve.

Il sistema è stato addestrato osservando le interazioni tra terapisti esperti e pazienti, risultando efficace nel mantenere stabili le prestazioni cognitive dei partecipanti durante le sessioni, confermando il potenziale dell'AI nel supportare il training cognitivo in pazienti con demenza e disabilità cognitive.

Singh et al. (2022) hanno impiegato il deep learning (DL) per prevedere l'intenzione di 118 anziani a partecipare a programmi di allenamento cognitivo. Le reti neurali profonde hanno permesso di per-

sonalizzare gli interventi, creando modelli di adesione individuali per ciascun partecipante.

Tuttavia, nonostante l'uso di sistemi ludici per allenare memoria, attenzione, elaborazione spaziale, cambio di attività, ragionamento e risoluzione di problemi, i messaggi generati dal sistema di deep learning non hanno influenzato positivamente l'adesione ai programmi, suggerendo la necessità di ulteriori ottimizzazioni.

Woods et al. (2022) hanno studiato l'efficacia dell'allenamento cognitivo associato alla stimolazione transcranica a corrente continua (tDCS) nel migliorare le funzioni cognitive degli anziani. Durante il trial clinico, i partecipanti hanno ricevuto allenamento cognitivo con stimolazione della corteccia frontale a 2 mA tramite tDCS.

I risultati, misurati tramite il punteggio composito di funzione cognitiva fluida del NIH Toolbox, hanno indicato che l'allenamento cognitivo associato a tDCS migliora le funzioni intellettive, offrendo un approccio promettente per il miglioramento delle abilità cognitive in età avanzata.

Cristiano et al. (2022) hanno sviluppato una piattaforma intelligente per la tutela della salute degli anziani con condizioni croniche. Basata su informazioni raccolte tramite focus group e questionari online, la piattaforma ha dimostrato di migliorare la consapevolezza di sé e l'autonomia degli utenti, supportando al contempo i clinici nelle decisioni mediche, sottolineando l'importanza di un approccio integrato alla salute degli anziani.

Eun et al. (2022) hanno sviluppato un Serious Game online con un sistema di regolazione della difficoltà basato sull'AI per stimolare l'esercizio cognitivo negli anziani. Il sistema adattava la difficoltà del gioco in base a fattori come motivazione, partecipazione, abilità cognitive, qualità della vita, depressione e stato cognitivo. I risultati hanno mostrato che il gioco è stato coinvolgente, interessante e motivante, con una correlazione positiva tra la durata delle interazioni e le performance cognitive, dimostrando il potenziale dei giochi digitali nell'allenamento cognitivo.

Otake-Matsuura et al. (2022) hanno sviluppato tecnologie basate su intelligenza artificiale (AI) per supportare e prevenire il declino delle funzioni cognitive negli anziani affetti da Mild Cognitive Impairment (MCI), una condizione caratterizzata da un deterioramento della memoria e delle capacità di pensiero, più marcato rispetto a quanto osservato nei coetanei sani e nella popolazione generale (NIA, 2021)

Due sistemi sono stati creati: il Photo-Integrated Conversation Mode-



rated by Robots (PICMOR), un chatbot per allenare le funzioni cognitive, e il Dialogue-Based System with Photo and Storytelling for Older Adults (DBS-PS), un sistema di dialogo arricchito con stimoli visivi e racconti.

Il PICMOR ha dimostrato la sua efficacia sulle funzioni cognitive in uno studio controllato randomizzato, mentre l'analisi morfometrica delle risonanze magnetiche ha identificato regioni cerebrali che riflettono gli effetti benefici degli interventi basati sulla conversazione, offrendo strumenti utili anche per la diagnosi precoce di MCI e demenza.

Kim et al. (2021) hanno valutato l'efficacia di un allenamento cognitivo tramite smart speaker su 29 anziani, riscontrando miglioramenti significativi nelle abilità cognitive e comunicative del gruppo sperimentale rispetto al gruppo di controllo.

Eun et al. (2020), invece, hanno utilizzato il Leap Motion, un dispositivo di controllo del movimento delle mani, in un ambiente 3D per l'allenamento delle funzioni cognitive durante lo svolgimento di attività quotidiane (ADL). I risultati hanno evidenziato l'effetto positivo dell'ambiente immersivo sulle capacità cognitive degli utenti, sottolineando la necessità di migliorare la personalizzazione degli interventi futuri.

### 3.2. Sistemi AI per gli interventi educativi

Lo studio di Auster-Gussman et al. (2022) ha analizzato l'efficacia di un'app di coaching per la prevenzione delle malattie croniche, guidata da un sistema di intelligenza artificiale (AI), nella promozione della perdita di peso tra gli anziani.

I risultati dello studio hanno mostrato che gli utenti che hanno interagito con l'app hanno ottenuto una perdita di peso significativamente maggiore rispetto al gruppo di controllo, evidenziando un elevato livello di coinvolgimento.

Questi risultati suggeriscono che i programmi di salute digitale basati su AI possono rappresentare un'opzione promettente per migliorare la salute e il benessere degli anziani, soprattutto in termini di gestione del peso e prevenzione delle malattie croniche.

Un altro studio, condotto da Cesta et al. (2019), ha utilizzato un Intelligent Tutoring System (ITS) chiamato ExPLoRRA per promuovere l'invecchiamento attivo tra gli anziani attraverso un'applicazione ludica e interattiva.

Questo sistema offriva istruzioni e conoscenze personalizzate, favorendo al contempo l'interazione sociale. I risultati hanno mostrato che gli utenti hanno apprezzato l'aspetto ludico del progetto, interpretando l'interazione con il dispositivo non solo come un'attività ricreativa, ma anche come un'opportunità per apprendere e promuovere la coesione sociale.

Questi studi dimostrano come l'integrazione della tecnologia AI in programmi di salute e benessere possa non solo migliorare le condizioni fisiche degli anziani, ma anche stimolare il loro interesse verso il miglioramento delle proprie competenze e la socializzazione.

#### 4. Discussione

I risultati di numerosi studi dimostrano come l'intelligenza artificiale (AI) possa offrire un supporto significativo nel miglioramento cognitivo ed educativo degli anziani, contribuendo così a migliorare la loro qualità di vita.

Nel contesto del training cognitivo, ad esempio, lo studio di Ali et al. (2021) ha mostrato che l'uso di un programma AI, come l'"*Aging and Engaging Program*" (AEP), può potenziare la comunicazione non verbale negli anziani con difficoltà comunicative, migliorando aspetti cruciali come il contatto visivo e l'espressività facciale.

Allo stesso modo, Kim et al. (2023) hanno dimostrato che il programma AI "Silvia" può migliorare le funzioni cognitive degli anziani a rischio di demenza, con risultati particolarmente evidenti nei partecipanti più anziani. Questo evidenzia l'importanza di adattare gli interventi alle specificità della popolazione target.

Inoltre, il lavoro di Andriella et al. (2023) sottolinea come l'integrazione di AI e robotica, attraverso sistemi come "Caresser" e il robot TIAGo, possa offrire assistenza cognitiva personalizzata, mantenendo stabili le prestazioni cognitive nei pazienti con demenza e disabilità intellettive lievi.

Tuttavia, non tutti gli studi hanno riportato esiti positivi: Singh et al. (2022) hanno evidenziato che, nonostante l'uso del deep learning per personalizzare gli interventi, l'adesione ai programmi cognitivi non è stata significativamente influenzata, suggerendo la necessità di ottimizzazioni ulteriori.

Parallelamente, Woods et al. (2022) hanno confermato che la combinazione di allenamento cognitivo e stimolazione transcranica a corrente

continua (tDCS) può migliorare le funzioni cognitive, rappresentando un approccio promettente per l'età avanzata.

Per quanto riguarda gli interventi educativi, gli studi hanno evidenziato che l'AI non solo favorisce il benessere fisico, ma stimola anche l'apprendimento continuo e la coesione sociale.

Ad esempio, l'app di coaching sviluppata da Auster-Gussman et al. (2022) ha mostrato risultati significativi nella gestione del peso e nella prevenzione delle malattie croniche, dimostrando un alto livello di coinvolgimento tra gli anziani. Allo stesso modo, il sistema ExPLoRRA descritto da Cesta et al. (2019) ha dimostrato come un'applicazione ludica e interattiva possa promuovere l'invecchiamento attivo, offrendo un'esperienza educativa personalizzata che stimola l'interazione sociale.

Questi studi indicano chiaramente che l'integrazione dell'AI nei programmi di salute e benessere per anziani può fornire benefici tangibili non solo a livello cognitivo, ma anche educativo, facilitando un invecchiamento più sano, attivo e socialmente integrato.

Tuttavia, rimangono sfide legate all'implementazione e all'accettazione di tali tecnologie, che richiedono ulteriori ricerche e ottimizzazioni per massimizzarne l'efficacia e l'accessibilità.

## 5. Conclusioni

Come evidenziato nel presente contributo, l'intelligenza artificiale possiede un potenziale straordinario per offrire alle persone anziane un supporto significativo nel loro percorso formativo e nell'accesso a programmi mirati al miglioramento delle abilità cognitive, contribuendo così a promuovere un invecchiamento attivo e abilitante.

L'impiego dell'IA nell'educazione e nel supporto cognitivo durante la senilità si configura sempre più come una necessità, in risposta ai bisogni educativi di una popolazione mondiale in rapido invecchiamento (Gochoo et al., 2020). Sarà pertanto essenziale fare affidamento su dispositivi all'avanguardia, accessibili e in grado di fornire non solo servizi educativi, ma anche maggiore sicurezza e supporto nello svolgimento delle attività quotidiane.

Lo scopo di questo studio è stato quello di dimostrare come l'uso appropriato ed etico di una tecnologia dalle immense potenzialità, quale

l'IA, possa rendere produttiva e generativa anche una fase della vita comunemente (e erroneamente) considerata crepuscolare, come la senilità. Non vi è oblio nell'animo di chi guarda al futuro con curiosità. La vita, finché alimentata dal piacere della scoperta, continuerà a offrire infinite possibilità di crescita.

Come dimostrato dalle neuroscienze con la conferma della plasticità cerebrale, l'essere umano ha la capacità di cambiare per tutta la durata della sua esistenza. Spetta a ciascuno di noi decidere se evolversi in meglio, e la tecnologia può fornirci il supporto necessario per raggiungere questo obiettivo.

Per un reale miglioramento, per una continua evoluzione e crescita, sono indispensabili buonsenso, metodo e il sostegno di una comunità solidale che assicuri a tutti l'accesso agli strumenti e ai servizi necessari.

In questo contesto, l'intelligenza artificiale rappresenta uno strumento prezioso che, se utilizzato con saggezza e discernimento, può contribuire al pieno sviluppo di ogni individuo e accompagnare tutte le generazioni verso una crescita e una formazione continua più intelligente.

E quindi, per dirla con un inglesismo, verso uno *Smart Lifelong Learning*.

## Riferimenti bibliografici

- AKHARAS F.N., BRNA P., *First Workshop on Artificial Intelligence in Education to Support the Social Inclusion of Communities*, AIEDSIC, In «AIED», 2011.
- AL BRAIKI B., HAROUS S., ZAKI N., & ALNAJJAR F. *Artificial intelligence in education and assessment methods*, Bulletin of Electrical Engineering and Informatics, 2020, 9(5), 1998-2007.
- ALI R., HOQUE E., DUBERSTEIN P., SCHUBERT L., RAZAVI S.Z., KANE B., ... & VAN ORDEN, K. *Aging and engaging: A pilot randomized controlled trial of an online conversational skills coach for older adults*, «The American Journal of Geriatric Psychiatry», 2021, 29(8), 804-815.
- ALNAJJAR F.S., RENAWI A.M., CAPPUCIO, M. & MUBAIN, O., *A low-cost autonomous attention assessment system for robot intervention with autistic children*, In 2019 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2019, pp. 787-792. IEEE.
- ANDRIELLA A., TORRAS C., ABDELNOUR C., & ALENYÀ, G. *INTRODUCING, CARESSER: A framework for in situ learning robot social assistance from expert*

- knowledge and demonstrations. «User Modeling and User-Adapted Interaction», 2023, 33(2), 441-496.
- AUSTER-GUSSMAN L.A., LOCKWOOD K.G., GRAHAM S.A., PITTER V., & BRANCH O.H. *Engagement in digital health app-based prevention programs is associated with weight loss among adults age 65+*, *Frontiers in Digital Health*, 2022, 4, 886783.
- BELLEVILLE S., CLEMENT F., MELLAH S., GILBERT B., FONTAINE F., & GAUTHIER S., *Training-related brain plasticity in subjects at risk of developing Alzheimer's disease*, «Brain», 2011, 134(6), 1623-1634. doi: 10.1093/brain/awr037.
- BONINELLI M.L., BULLEGAS D., & DAMNOTTI S. *La modificabilità cognitiva e la plasticità cerebrale nell'età adulta* «Formazione & Insegnamento», 2016, 14(1), 59-70.
- BRYSON, T.P., & SIEGEL, D., *The Whole-Brain Child: 12 Proven Strategies to Nurture Your Child's Developing Mind*, «Hachette» UK, 2012.
- CESTA A., CORTELLESA G., DE BENEDICTIS R., & FRACASSO F., *ExPLoRAA: An Intelligent Tutoring System for Active Ageing in (Flexible) Time and Space*. In «AI AAL@ AI\* IA\*», 2018, pp. 92-109.
- CHU C.H., NYRUP R., LESLIE K., SHI J., BIANCHI A., LYN A., ... & GRENIER A. *Digital ageism: Challenges and opportunities in artificial intelligence for older adults*, «The Gerontologist», 2022, 62(7), 947-955.
- CONSOLI M.E. V. *La teoría de la modificabilidad estructural cognitiva de Reuven Feuerstein*, «Investigación Educativa», 2008, 12(22), 203-221.
- CRISTIANO A., MUSTEATA S., DE SILVESTRI S., BELLAND V., CERAVOLO P., CESARI M., ... & TROJANIELLO D. *Older adults' and clinicians' perspectives on a smart health platform for the aging population: Design and evaluation study*, «JMIR Aging», 2022, 5(1), e29623.
- EUN S.J., KIM E.J., & KIM J. Y, *Development and evaluation of an artificial intelligence-based cognitive exercise game: A pilot study*, «JENVIRON PUBLIC HEALTH», 2022
- EUN S.J., & KIM J.Y. *Design and implementation of ADL content with VR sensor at a smart human-care service*. «Journal of Sensors», 2020.
- FRATIGLIONI L., PAILLARD-BORG S., & WINBLAD B., *An active and socially integrated lifestyle in late life might protect against dementia*. *The Lancet Neurology*, 2004, 3(6), 343-353. doi: 10.1016/S1474-4422(04)00767-7.
- GOCHOO M., VOGAN A.A., KHALID S., & ALNAJJAR F.S. A. *AI and Robotics-Based Cognitive Training for Elderly: A Systematic Review*. 2020 IEEE / ITU

- International Conference on Artificial Intelligence for Good (AI4G), 2020, pp. 129-134.
- KAPPEL D., HABENSCHUSS S., LEGENSTEIN R., & MAASS W. *Network plasticity as Bayesian inference*. «PLOS Computational Biology», 2015, 11(11), e1004485.
- KIM J., KO M., LEE J., & KIM Y. *The effects of a mobile-based multi-domain intervention on cognitive function among older adults*. «Preventive Medicine Reports», 2023, 32, 102165.
- KIM J., SHIN E., HAN K., PARK S., YOUN J.H., JIN G., & LEE J.Y. *Efficacy of smart speaker-based metamemory training in older adults: Case-control cohort study*, «Journal of Medical Internet Research», 2021, 23(2), e20177.
- LÖVDÉN M., FRATIGLIONI L., GLYMOUR M.M., LINDENBERGER U., & TUCKER-DROB E.M. *Education and cognitive functioning across the life span*. «Psychological Science in the Public Interest», 2020, 21(1), 6-41.
- MUNN Z., PETERS M.D., STERN C., TUFANARU C., MCARTHUR A., & AROMATARIS E. *Systematic review or scoping review? Guidance for authors when choosing between a systematic or scoping review approach* «BMC Medical Research Methodology», 2018, 18:143. doi: 10.1186/s12874-018-0611-x.
- NATIONAL INSTITUTE ON AGING (NIA). *What is mild cognitive impairment?* U.S. Department of Health and Human Services, 2021. URL: [HTTPS://WWW.NIA.NIH.GOV/HEALTH/MEMORY-LOSS-AND-FORGETFULNESS/WHAT-MILD-COGNITIVE-IMPAIRMENT](https://www.nia.nih.gov/health/memory-loss-and-forgetfulness/what-mild-cognitive-impairment)
- OTAKE-MATSUURA M., ABE M.S., SEKIGUCHI T., TOKUNAGA S., SUGIMOTO H., RUTKOWSKI T.M., & MIURA K.W. *Cognitive behavioral assistive technology (CBAT) as AI for super aged society*. «Neurology», 2003, 61(9), 1310-1313. doi: 10.1212/01.WNL.0000097238.05282.94.
- SCARMEAS N., LEVY G., TANG M.X., MANLY J., & STERN Y. *Influence of leisure activity on the incidence of Alzheimer's disease*, «Preventive Medicine Reports», 2023, 32, 102165.
- SINGH A., CHAKRABORTY S., HE, Z., TIAN S., ZHANG S., LUSTRIA M.L. A., ... & BOOT W.R. *Deep learning-based predictions of older adults' adherence to cognitive training to support training efficacy*. «Frontiers in Psychology», 2022, 13, 980778.
- SINGH-MANOUX, A., RICHARDS, M., & MARMOT, M. *Socioeconomic position across the lifecourse: How does it relate to cognitive function in mid-life?*. *Annals of Epidemiology*, 2012, 22(9), 654-662. doi: 10.1016/j.annepidem.2012.06.005.

- STERN Y. *Cognitive reserve*, «Neuropsychologia», 47(10), 2009, pp. 2015-2028.
- TRICCO A., LILLIE E., ZARIN W., O'BRIEN K., COLQUHOUN H., LEVAC D., *PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): Checklist and explanation*. «Annals of Internal Medicine», 2018, 169, 467-473. doi: 10.7326/MI18-0850.
- VALENZUELA M.J., SACHDEV P. *Brain reserve and dementia: A systematic review*. «Psychological Medicine», 2006, 36(4), 441-454. doi: 10.1017/S0033291705006264.
- WU R., & STRICKLAND-HUGHES C. *Adaptation for growth as a common goal throughout the lifespan: Why and how*. «Psychology of Learning and Motivation», 2019, Vol. 71, pp. 387-414. Academic Press.
- YOGASUDHA S., MOUNIKA K.V., NAMITHA P.R., & PRIYA K.M., (2018). *Deep Learning*. *International Journal for Research in Engineering Science and Management* «IJRESM», 1(10), 315-317.

