



# EDUCRAZIA

RIVISTA di RIFLESSIONI  
PEDAGOGICHE e DIDATTICHE

## Educare al tempo dell'IA. Nuovi scenari di apprendimento, cittadinanza e inclusione di qualità *Education in the AI age. New scenarios of learning, citizenship and quality inclusion.*

Volume 1

Numero 2

ANNO VI Luglio/Dicembre 2025

ISSN 2705-0351 (online)

Rivista Classe A

[www.educrazia.com](http://www.educrazia.com)

[info@educrazia.com](mailto:info@educrazia.com)





**DIRETTORE / EDITOR IN CHIEF**  
**Paolina MULE'** – Università degli Studi di Catania

**CONDIRETTORE / CO-EDITOR**  
**Giuseppe SPADAFORA** – Università della Calabria  
**Claudio DE LUCA** – Università degli Studi della Basilicata

**COMITATO SCIENTIFICO INTERNAZIONALE / INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD**  
**Larry A. HICKMAN** (Southern Illinois University – Carbondale)  
**Leonard J. WAKS** (Hangzhou Normal University At Hangzhou Normal University And Temple University)  
**Guillermo Nelson GUZMÁN ROBLEDO** (Uaz Universidad Autónoma De Zacatecas)  
**Ely KRAMER** (University of Wroclaw – Polonia)  
**Ilona BLOCIAN** (University of Wroclaw – Polonia)  
**Randall AUXIER** (Southern Illinois University - Carbondale)  
**Cristina DE LA ROSA CUBO** (Universidad de Valladolid)  
**Mari Carmen VFERNÁNDEZ TIJERO** (Fac. de Educación de Palencia -Universidad de Valladolid)  
**Irina Vladimirovna DERGACHEVA** (Moscow State Art and Cultural University)  
**Mahmudova SVETLANA** (Moscow State University of Psychology And Education)

**Mario CASTOLDI** (Università di Torino) - **Pietro LUCISANO** (Sapienza Università di Roma) - **Achille NOTTI** (Università degli Studi di Salerno) - **Gaetano DOMENICI** (Università Unicamillus) - **Giovanni MORETTI** (Università Roma 3) - **Fiorino TESSARO** (Università Ca' Foscari Venezia) - **Piergiuseppe ELLERANNI** (Università del Salento) - **Antonio ARGENTINO** (Università della Calabria) - **Rosanna TAMMARO** (Università degli Studi di Salerno) - **Antonio MARZANO** (Università degli Studi di Salerno) - **Simonetta COSTANZO** (Università della Calabria) - **Domenico TAFURI** (Università Parthenope) - **Alessio ANNINO** (Università degli Studi di Catania) - **Marika CALENDIA** (Università degli Studi della Basilicata) - **Alessio FABIANO** (Università degli Studi della Basilicata) - **Daniela GULISANO** (Università degli Studi di Catania) - **Valentina PERCIAVALLE** (Università degli Studi di Catania) - **Vincenzo NUNZIO SCALCIONE** (Università degli Studi della Basilicata) - **Alba Maria GÓMEZ SÁNCHEZ** (Università Isabel I Spagna) - **Stefano PASTA** (Università Cattolica del Sacro Cuore Milano)

**COORDINATORE EDITORIALE / EDITORIAL MANAGER**  
**Alessio FABIANO** – Università degli Studi della Basilicata

**COMITATO EDITORIALE / EDITORIAL MANAGEMENT**  
**Mauro Fortunato MAGNELLI** - **Daniela GULISANO** - **Feliciano MOSTARDI** - **Maria SAMMARRO**  
**Valentina PERCIAVALLE** - **Antonella TIANO** - **Marika CALENDIA** - **Corrado MUSCARÀ**  
**Andrea CIROLIA** - **Carolina LEVA** - **Maria Luisa BONINELLI** - **Carola SICILIANO**  
**Andrea Fabrizio RACITI** - **Maria TISO**

**EduCrazia**  
**Rivista di riflessioni pedagogiche e didattiche**  
Rivista di Classe A  
Periodico scientifico edito dall'Associazione Education&Training



(Piazza Impastato, 3 - 87100 Cosenza)  
C.F. 98110590787 - Reg. Tribunale di Cosenza N. 2276 del 11/09/2018  
Direttore Responsabile: Luigi Cristaldi  
**www.educrazia.com - info@educrazia.com**

**ISSN 2705-0351 (online)**

## Educare al tempo dell'IA. Nuovi scenari di apprendimento, cittadinanza e inclusione di qualità

### *Education in the AI age. New scenarios of learning, citizenship and quality inclusion*

#### INDICE

##### Introduzione / *Introduction*

IA, Pedagogia, didattica. Alcuni contributi sulle sfide future per una scuola più accessibile ed inclusiva/ *AI, Pedagogy, Teaching. Some contributions on future challenges for a more accessible and inclusive school system.*

Paolina Mulè pag. 4

Pedagogia e Intelligenza Artificiale: ripensare i processi educativi attraverso l'innovazione tecnologica per una cittadinanza attiva e una inclusione di qualità/*Pedagogy and Artificial Intelligence: Rethinking Educational Processes Through Technological Innovation for Active Citizenship and Quality Inclusion*

Alessio Annino & Saira Iftikhar pag. 11

L'intelligenza artificiale (IA) come “terza via” didattica e relazionale: uno scenario per l'apprendimento/*Artificial Intelligence (AI) as a Didactic and Relational “Third Way”: A Scenario for Learning*

Sergio Bellantonio pag. 20

Valutare le fonti nell'era dell'Intelligenza Artificiale Generativa: prospettive pedagogiche per educare alla cittadinanza critica/*Source Evaluation in the Age of Generative Artificial Intelligence: Pedagogical Perspectives for Educating Critical Citizenship*

Nicola Bruno pag. 29

Autodeterminarsi mediante il supporto delle tecnologie: due strumenti per promuovere il progetto di vita/*Self-determination through the support of technology: two tools to promote life planning*

Valentina Paola Cesarano & Giorgia Ruzzante pag. 38

Didattica ludica e intelligenza artificiale un binomio per motivazione creatività e inclusione/*Play-based learning and artificial intelligence a binomial for motivation creativity and inclusion*

Giovanna Coletta pag. 51

Il ruolo delle innovazioni tecnologiche per l'empowerment dei giovani NEET/*The role of technological innovations for the empowerment of young NEETs*

Margherita Coppola & Rosa Vegliante pag. 64

L'insegnamento dell'educazione civica per la cittadinanza digitale degli adulti / *Teaching civic education for digital citizenship among adults*

Ciro D'Ambrosio & Giovanni Iannuzzi pag. 73

Sviluppo della creatività e educazione tecnologica nell'apprendimento di una seconda lingua. Sull'uso della favola /*Creativity development and technology education in second language learning. On the use of the fable*

Rocco Digilio & Gema Guevara-Rincón

pag. 84

L'impatto dell'intelligenza artificiale sulla motivazione, l'autoefficacia e l'inclusione in una scuola primaria italiana /*The Impact of Artificial Intelligence on Motivation, Self-efficacy and Inclusion in an Italian Primary School*

Davide Di Palma, Gianluca Gravino & Generoso Romano

pag. 95

Analisi dell'efficacia di un Modulo Didattico Sperimentale basato su IA e Cittadinanza Digitale /*Analysis of the effectiveness of an Experimental Teaching Module based on AI and Digital Citizenship*

Davide Di Palma, Fabiola Palmiero, Giovanna Scala & Giovanni Tafuri

pag. 110

Verso una nuova ecologia della valutazione: l'impatto dell'Intelligenza Artificiale tra formative assessment e responsabilità docimologica /*Toward a new ecology of assessment: the Impact of artificial intelligence between formative assessment and docimological responsibility*

Alessio Fabiano & Giuseppe Nobile

pag. 118

Intelligenza artificiale e valutazione formativa nella scuola primaria: opportunità e sfide /*Artificial Intelligence and formative assessment in primary schools: opportunities and challenges.*

Concetta Ferrantino & Deborah Gragnaniello

pag. 127

Tecnologie digitali e inclusione scolastica nell'era dell'IA: un'analisi SWOT delle percezioni dei docenti in formazione /*Digital technologies and school inclusion in the AI era: a SWOT analysis of trainee teachers' perceptions*

Amelia Lecce & Stefano Di Tore

pag. 141

Esplicabilità e inclusione: per un uso inclusivo dell'intelligenza artificiale integrato nelle finalità educative /*Explicability and inclusion: for an inclusive use of artificial intelligence integrated in the educational purposes*

Giulia Lombardo

pag. 153

Il GLO nell'era dell'intelligenza artificiale: co-progettazione, responsabilità e autenticità pedagogica /*The OWG in the age of artificial intelligence: co-design, responsibility and pedagogical authenticity*

Corrado Muscarà

pag. 164

Interventi scolastici abilitativi con l'ausilio delle TIC assistive per alunni con disturbo dello spettro autistico /*Enabling school interventions with the aid of assistive ICT for pupils with autism spectrum disorder*

Valentina Perciavalle & Maria Luisa Boninelli

pag. 172

Didattica inclusiva nell'era dell'IA: nuovi paradigmi educativi e tecnologie intelligenti a supporto della dislessia /*Inclusive teaching in the AI era: new educational paradigms and intelligent technologies to support dyslexia*

Andrea Fabrizio Raciti

pag. 182

Intelligenza artificiale e valutazione degli apprendimenti: architetture computazionali per la misurazione adattiva delle competenze/*Artificial intelligence and learning assessment: computational architectures for adaptive competency measurement*

Vincenzo Nunzio Scalcione

pag. 191

Eduverso e arte narrativa: nuovi mondi tra narrazioni e tecnologie/*Eduverse and narrative art: new worlds between narratives and technologies*

Ines Tedesco, Maria Annarumma, Emma Del Vecchio & Valentina Tortora

pag. 208

Percezioni dei docenti, rischi etici e bisogni formativi nella scuola secondaria di primo grado nell'era dell'intelligenza artificiale/*Teachers' Perceptions, Ethical Risks, and training Needs in Lower secondary Education in the Era of Artificial Intelligence*

Alessandro Turano

pag. 217

Timeo machinas et dona ferentes: AI divide istituzionale nel panorama scolastico italiano/*Timeo machinas et dona ferentes: The Institutional AI Divide in Italian Schools*

Mario Valori

pag. 227

L'Intelligenza Artificiale per l'Inclusione: la Prospettiva degli Educatori in Formazione/*Artificial Intelligence for Inclusion: The Perspective of Educators in Training*

Silvia Zanazzi, Massimo Marcuccio & Maria Elena Tassinari

pag. 239

**Intelligenza artificiale e valutazione degli apprendimenti: architetture computazionali per la misurazione adattiva delle competenze**

*Artificial intelligence and learning assessment: computational architectures for adaptive competency measurement*

Vincenzo Nunzio Scalcione<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> University of Basilicata; [vincenzo.scalcione@unibas.it](mailto:vincenzo.scalcione@unibas.it)

\* Correspondence: [vincenzo.scalcione@unibas.it](mailto:vincenzo.scalcione@unibas.it)

**Abstract:** La presente ricerca esamina l'integrazione dell'intelligenza artificiale nei sistemi di valutazione degli apprendimenti, proponendo un quadro teorico-metodologico che articola le possibilità offerte dalle architetture computazionali contemporanee nella misurazione delle competenze educative. Attraverso l'analisi critica dei principali paradigmi valutativi mediati dall'IA – dai sistemi di tutoraggio intelligente agli algoritmi di analisi semantica automatica – lo studio identifica le condizioni epistemologiche, tecniche ed etiche necessarie per un'implementazione pedagogicamente fondata di tali strumenti. I risultati evidenziano come l'intelligenza artificiale, lungi dal costituire un mero dispositivo di automazione valutativa, possa configurarsi quale elemento di potenziamento della funzione diagnostica e formativa dell'assessment, a condizione che vengano preservati i principi di trasparenza algoritmica, equità procedurale e primato del giudizio professionale docente. Inserito nel più ampio dibattito sulle politiche educative europee relative alla digitalizzazione e all'innovazione pedagogica, il contributo si propone di delineare prospettive operative per una governance responsabile dell'IA nei contesti valutativi scolastici, promuovendo un approccio evidence-informed che coniughi rigore metodologico, sensibilità pedagogica e consapevolezza delle implicazioni socio-politiche connesse all'impiego di sistemi intelligenti nella formazione.

**Parole chiave:** intelligenza artificiale; valutazione degli apprendimenti; assessment adattivo; sistemi di tutoraggio intelligente; etica algoritmica

**Abstract:** This study examines the integration of artificial intelligence into learning assessment systems, proposing a theoretical-methodological framework that articulates the possibilities afforded by contemporary computational architectures for measuring educational competencies. Through a critical analysis of the principal AI-mediated evaluative paradigms—from intelligent tutoring systems to automated semantic analysis algorithms—the research identifies the epistemological, technical, and ethical conditions requisite for a pedagogically grounded implementation of such tools. The findings demonstrate that artificial intelligence, far from constituting a mere device for assessment automation, may serve as an element for enhancing the diagnostic and formative functions of assessment, provided that the principles of algorithmic transparency, procedural equity, and the primacy of professional teacher judgement are preserved. Situated within the broader discourse on European educational policies concerning digitalisation and pedagogical innovation, this contribution seeks to delineate operational perspectives for the responsible governance of AI in school-based evaluative contexts, advancing an evidence-informed approach that reconciles methodological rigour, pedagogical sensitivity, and awareness of the socio-political implications associated with the deployment of intelligent systems in education.

**Keywords:** artificial intelligence; learning assessment; adaptive assessment; intelligent tutoring systems; algorithmic ethics

## **1. Introduzione: l'intelligenza artificiale quale paradigma trasformativo della valutazione educativa**

La valutazione degli apprendimenti, in quanto dimensione costitutiva del processo educativo, si trova attualmente al centro di una trasformazione epistemologica e metodologica senza precedenti, determinata dall'avvento e dalla progressiva diffusione di tecnologie basate sull'intelligenza artificiale che, lungi dal configurarsi quali meri strumenti tecnici, sollevano interrogativi fondamentali circa la natura stessa dell'assessment, i suoi scopi pedagogici e le sue implicazioni etico-politiche (Luckin et al., 2016; Holmes et al., 2019). Come sottolineato nella tradizione docimologica italiana da Vertecchi (2003) e Domenici (2017), la valutazione non può essere ridotta a mera misurazione tecnica, ma costituisce un processo complesso che implica scelte valoriali, interpretazioni contestualizzate e responsabilità pedagogiche che l'introduzione di dispositivi algoritmici rende ancora più problematiche e meritevoli di attenta riflessione critica.

L'intelligenza artificiale, intesa quale insieme di tecniche computazionali capaci di simulare processi cognitivi umani attraverso l'elaborazione algoritmica di grandi quantità di dati, sta infatti ridefinendo radicalmente le modalità attraverso le quali gli apprendimenti vengono misurati, interpretati e valorizzati all'interno dei contesti formativi, introducendo possibilità inedite di personalizzazione, adattività e continuità valutativa che trascendono i limiti delle metodologie tradizionali (Baker & Inventado, 2014; Roll & Wylie, 2016; Calvani et al., 2012; Rivoltella, 2017). Come evidenziato da Trinchero (2012), l'introduzione di strumenti tecnologici avanzati nella pratica valutativa richiede un rafforzamento, piuttosto che un indebolimento, del rigore metodologico e della consapevolezza epistemologica dei ricercatori e dei professionisti dell'educazione.

Tuttavia, come sottolineato da Williamson (2017), l'adozione di sistemi intelligenti nei processi valutativi non può essere considerata un fenomeno tecnicamente neutro, ma richiede un'attenta riflessione pedagogica che ne interroghi i presupposti epistemologici, ne valuti l'impatto sulla professionalità docente e ne consideri le potenziali conseguenze in termini di equità, trasparenza e rispetto della dignità degli studenti.

Il presente contributo si propone pertanto di esaminare, attraverso un approccio critico e sistematico, le principali architetture di intelligenza artificiale applicabili alla valutazione degli apprendimenti, analizzandone i fondamenti teorici, le modalità operative, i vantaggi pedagogici e i rischi connessi, al fine di delineare un quadro concettuale che possa orientare ricercatori, policy maker e professionisti dell'educazione verso un'implementazione responsabile e pedagogicamente fondata di tali tecnologie. Dopo aver delineato le ragioni che giustificano il ricorso all'IA nei processi valutativi e dopo aver esaminato criticamente i principali modelli computazionali attualmente disponibili, il lavoro illustrerà un framework operativo per l'integrazione di sistemi intelligenti nella pratica valutativa scolastica, prestando particolare attenzione alle dimensioni etiche, metodologiche e didattiche che devono informare ogni intervento tecnologico in ambito educativo.

## **2. Fondamenti epistemologici e pedagogici dell'impiego dell'intelligenza artificiale nella valutazione**

L'integrazione dell'intelligenza artificiale nei processi valutativi risponde a una pluralità di esigenze pedagogiche e metodologiche che, se adeguatamente contestualizzate all'interno di un framework teorico coerente,

possono contribuire significativamente al potenziamento della funzione formativa e diagnostica dell'assessment (Shute & Rahimi, 2017). In primo luogo, i sistemi basati su IA consentono di superare i limiti della valutazione puntuale e sommativa, tradizionalmente concentrata in momenti discreti del percorso formativo, in favore di un monitoraggio continuo e processuale degli apprendimenti che, attraverso la raccolta e l'analisi in tempo reale di tracce digitali prodotte dagli studenti durante le loro interazioni con ambienti di apprendimento tecnologicamente mediati, permette di ricostruire con maggiore precisione le traiettorie cognitive individuali e di identificare tempestivamente eventuali difficoltà o misconcezioni (Siemens & Baker, 2012).

Come evidenziato da Black e Wiliam (1998), la valutazione formativa risulta tanto più efficace quanto più è capace di fornire ai docenti informazioni tempestive, specifiche e actionable circa lo stato di avanzamento degli studenti, condizione che l'intelligenza artificiale può soddisfare attraverso algoritmi di analisi automatica capaci di processare volumi di dati che eccederebbero ampiamente le capacità cognitive umane (Pardo et al., 2019). Nella prospettiva della pedagogia italiana, Gattullo (1967) e successivamente Domenici (2003) hanno sottolineato come la valutazione formativa debba configurarsi quale momento integrante del processo didattico, orientato alla regolazione continua dell'insegnamento e alla promozione dell'apprendimento significativo, funzione che le tecnologie intelligenti possono supportare ma non sostituire, data la natura eminentemente relazionale e interpretativa dell'atto valutativo.

Inoltre, i sistemi intelligenti offrono la possibilità di realizzare forme di valutazione adattiva, nelle quali la difficoltà, la tipologia e la sequenza delle prove vengono dinamicamente calibrate in funzione delle risposte fornite dallo studente, ottimizzando così l'efficienza del processo di misurazione e riducendo fenomeni di frustrazione o noia associati a prove eccessivamente difficili o troppo semplici (Wainer, 2000; Van der Linden & Glas, 2010).

Un ulteriore argomento a favore dell'impiego dell'IA nella valutazione concerne la sua capacità di ridurre, almeno potenzialmente, alcune forme di bias valutativi riconducibili alla soggettività del valutatore umano, quali l'effetto alone, gli stereotipi impliciti o le aspettative differenziali basate su caratteristiche ascrivibili agli studenti (Darling-Hammond & Adamson, 2010). Tuttavia, come opportunamente sottolineato da Barocas e Selbst (2016), tale promessa di oggettività deve essere valutata con estrema cautela, poiché gli algoritmi stessi possono incorporare e amplificare bias presenti nei dati di addestramento o nelle scelte progettuali dei loro sviluppatori, generando forme di discriminazione algoritmica tanto più insidiose quanto meno trasparenti e scrutinabili (O'Neil, 2016).

Infine, l'intelligenza artificiale può contribuire significativamente all'arricchimento del repertorio valutativo attraverso l'analisi automatica di produzioni complesse e multidimensionali – quali testi scritti, artefatti digitali, interazioni discorsive o performance collaborative – che tradizionalmente richiederebbero tempi e competenze specialistiche difficilmente compatibili con i vincoli organizzativi della scuola (Shermis & Burstein, 2013; Calvani & Menichetti, 2015). Tecniche di Natural Language Processing, Computer Vision e Learning Analytics permettono infatti di estrarre da tali produzioni indicatori sofisticati relativi a dimensioni cognitive, metacognitive e socio-emotive, ampliando così lo spettro di ciò che può essere oggetto di valutazione sistematica (McNamara et al., 2015). Come osservato da Rivoltella (2020), la sfida consiste nel garantire che tali strumenti mantengano un'agenuinasensibilità pedagogica, evitando derive riduzionistiche che trasformino la valutazione in mero conteggio

quantitativo a scapito della comprensione qualitativa dei processi di apprendimento.

### **3. Tassonomia delle architetture di intelligenza artificiale per la valutazione degli apprendimenti**

Una prima categoria fondamentale è costituita dai Sistemi di Tutoraggio Intelligente (Intelligent Tutoring Systems, ITS), architetture computazionali che simulano l'interazione one-to-one tra docente e studente attraverso la modellizzazione algoritmica sia del dominio di conoscenza da apprendere sia del processo cognitivo dello studente, consentendo così di fornire feedback personalizzati, di adattare la sequenza didattica e di valutare in modo dinamico il progresso individuale (VanLehn, 2011; Graesser et al., 2018). Questi sistemi, che affondano le loro radici nella tradizione cognitivista e nell'intelligenza artificiale simbolica degli anni '70 e '80, hanno dimostrato in numerose meta-analisi un'efficacia comparabile a quella del tutoraggio umano individuale, sebbene con variazioni considerevoli in funzione della qualità della modellizzazione del dominio e delle caratteristiche del feedback fornito (Kulik & Fletcher, 2016; Ma et al., 2014).

Una seconda famiglia di strumenti, sempre più rilevante nell'attuale panorama tecnologico, è rappresentata dai sistemi di Natural Language Processing (NLP) applicati alla valutazione automatica di produzioni linguistiche, che attraverso algoritmi di analisi sintattica, semantica e pragmatica consentono di attribuire punteggi a testi scritti, di identificare errori linguistici, di valutare la coerenza argomentativa e persino di fornire feedback specifici sugli aspetti da migliorare (Shermis & Burstein, 2013). Questi sistemi, inizialmente basati su approcci statistici relativamente semplici quali la regressione lineare su feature testuali superficiali, hanno conosciuto un'evoluzione straordinaria con l'avvento dei modelli di deep learning e, più recentemente, dei Large Language Models basati su architetture transformer, che permettono di catturare aspetti semantici e stilistici molto più sofisticati (Vaswani et al., 2017; Devlin et al., 2019).

I sistemi di Learning Analytics e Educational Data Mining, sebbene non sempre classificabili come IA in senso stretto, costituiscono una terza categoria fondamentale, nella misura in cui impiegano tecniche di machine learning per estrarre pattern significativi da grandi volumi di dati educativi – tracce di interazione con piattaforme digitali, log di attività, risultati valutativi – al fine di identificare studenti a rischio, di prevedere performance future, di personalizzare percorsi formativi o di fornire raccomandazioni didattiche (Romero & Ventura, 2020; Ferguson, 2012). Questi approcci, fortemente influenzati dalla tradizione del data-driven decision making, sollevano tuttavia questioni epistemologiche fondamentali circa il rapporto tra correlazione e causalità, tra predizione e comprensione, tra efficienza algoritmica e significatività pedagogica (Biesta, 2010; Selwyn, 2019).

Una quarta categoria emergente è costituita dai sistemi di Computer-Supported Collaborative Learning Analytics, che applicano tecniche di IA all'analisi delle interazioni collaborative tra studenti, valutando dimensioni quali la partecipazione, la qualità delle argomentazioni, la distribuzione dei ruoli, la costruzione condivisa di conoscenza (Stahl et al., 2014; Wise & Schwarz, 2017). Questi sistemi, che richiedono la combinazione di tecniche di NLP, network analysis e sequential pattern mining, rappresentano un tentativo di estendere la valutazione automatica oltre le dimensioni puramente cognitive individuali, includendo aspetti sociali, comunicativi e

metacognitivi tradizionalmente difficili da catturare con strumenti standardizzati (Scalcione, 2025).

Infine, merita attenzione la categoria dei sistemi di valutazione basati su Computer Vision e Multimodal Learning Analytics, che attraverso l'analisi automatica di immagini, video o sensori biometrici permettono di valutare performance pratiche, abilità motorie, stati emotivi o livelli di engagement, aprendo così la valutazione a dimensioni corporee, affettive e comportamentali che sfuggono alle modalità testuali tradizionali (Di Mitri et al., 2018; Blikstein & Worsley, 2016).

Come illustrato nello schema seguente, ciascuna di queste architetture si caratterizza per specifici punti di forza, limiti operativi e implicazioni pedagogiche, richiedendo quindi un'attenta analisi contestuale che ne guidi la selezione e l'implementazione.

### **Schema 1: Architetture di intelligenza artificiale per la valutazione degli apprendimenti**

| <b>Architettura</b>                    | <b>Paradigma Computazionale</b>                                                 | <b>Oggetti Valutativi</b>                                                            | <b>Vantaggi Pedagogici</b>                                                                        | <b>Criticità Metodologiche</b>                                                             | <b>Implicazioni Etiche</b>                                                              |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Intelligent Tutoring Systems           | Modellizzazione cognitiva, sistemi basati su regole, Bayesian Knowledge Tracing | Apprendimenti procedurali, problem solving, competenze STEM                          | Feedback immediato e personalizzato, adattività, scaffolding dinamico                             | Rigidità della modellizzazione del dominio, difficoltà con conoscenze ill-structured       | Riduzione dell'interazione umana, standardizzazione dei percorsi                        |
| Natural Language Processing            | Deep learning, transformer models, analisi semantica latente                    | Produzioni linguistiche scritte, competenze argomentative, literacy                  | Scalabilità, consistenza valutativa, feedback specifici su dimensioni linguistiche                | Difficoltà con creatività e originalità, sensibilità a variazioni stilistiche e dialettali | Bias linguistici e culturali, opacità dei modelli, questioni di proprietà intellettuale |
| Learning Analytics & EDM               | Machine learning supervisionato e non supervisionato, predizione                | Traiettorie di apprendimento, identificazione early warning, pattern comportamentali | Individuazione precoce difficoltà, personalizzazione su larga scala, evidence-based interventions | Confusione tra correlazione e causalità, self-fulfilling prophecies, riduzionismo          | Sorveglianza digitale, profilazione, discriminazione algoritmica, consent informato     |
| CSCL Analytics                         | Network analysis, sequential pattern mining, NLP su interazioni                 | Collaborazione, argomentazione, competenze sociali, co-costruzione conoscenza        | Valutazione dimensioni socio-cognitive, visibilità processi collaborativi                         | Complessità interpretativa, contestualizzazione necessaria, unità di analisi ambigua       | Privacy nelle interazioni, reificazione delle dinamiche sociali                         |
| Multimodal Analytics & Computer Vision | Deep learning su immagini/video, sensor fusion, affettive computing             | Performance pratiche, stati emotivi, engagement, embodied cognition                  | Valutazione competenze non-cognitive, cattura dimensioni implicite e affettive                    | Accuratezza limitata, alta variabilità contestuale, problemi di validità ecologica         | Sorveglianza biometrica, riduzione corpo a dati, discriminazione fenotipica             |

La struttura multidimensionale dello schema 1 evidenzia come ogni architettura richieda una valutazione contestualizzata che bilanci potenzialità operative e rischi sistemici.

Lo schema sopra illustrato evidenzia come la scelta di una particolare architettura di IA per scopi valutativi non possa essere ricondotta a considerazioni puramente tecniche o di efficienza computazionale, ma debba invece fondarsi su un'analisi pedagogica che consideri la natura delle competenze da valutare, il contesto educativo di implementazione, le implicazioni per la professionalità docente e, soprattutto, le conseguenze etiche e sociali dell'automazione valutativa (Holstein & Aleven, 2023). Come osservato da Biesta (2010), l'efficacia tecnica di uno strumento non ne garantisce automaticamente la desiderabilità pedagogica, essendo necessario invece interrogare continuamente i fini educativi che tali strumenti sono chiamati a servire e i valori che implicitamente incorporano.

#### **4. Framework operativo per l'integrazione dell'intelligenza artificiale nei sistemi di valutazione scolastica**

L'implementazione pedagogicamente fondata di sistemi di intelligenza artificiale nei processi valutativi richiede l'adozione di un framework metodologico rigoroso che articoli in modo sistematico le diverse fasi del processo di progettazione, implementazione, validazione e monitoraggio, garantendo al contempo la conformità ai principi etici e normativi che devono regolare l'impiego di tecnologie intelligenti in contesti educativi (European Commission, 2022; UNESCO, 2021).

La prima fase, di natura epistemologica e pedagogica, consiste nella definizione esplicita degli scopi valutativi che l'implementazione dell'IA è chiamata a perseguire, nella specificazione del costrutto di competenza che si intende misurare e nell'identificazione delle dimensioni cognitive, metacognitive, affettive o sociali rilevanti per la valutazione, operazione che richiede un dialogo costante tra competenze pedagogiche, psicometriche e informatiche al fine di evitare che i vincoli tecnici degli algoritmi finiscano per determinare indebitamente ciò che viene considerato valutabile (Pellegrino, 2014; Vertecchi, 2003). Come sottolineato da Messick (1989), ogni processo di valutazione incorpora inevitabilmente assunzioni teoriche circa la natura delle competenze e le loro manifestazioni osservabili, e tali assunzioni devono essere rese esplicite e sottoposte a scrutinio critico prima di qualsiasi operazionalizzazione algoritmica. Nella prospettiva della docimologia critica italiana, Visalberghi (1955) aveva già evidenziato come ogni scelta valutativa implichi un modello antropologico e pedagogico sottostante che deve essere oggetto di riflessione consapevole e giustificazione razionale.

La seconda fase, di natura tecnico-metodologica, concerne la selezione dell'architettura di IA più appropriata, la raccolta dei dati necessari per l'addestramento e la validazione degli algoritmi, e l'implementazione vera e propria del sistema valutativo, prestando particolare attenzione a questioni quali la rappresentatività dei dati di training, la gestione dello sbilanciamento delle classi, la prevenzione dell'overfitting e la verifica della robustezza delle predizioni attraverso tecniche di cross-validation e test su dati indipendenti (Hastie et al., 2009). Questa fase richiede inoltre un'attenta considerazione delle questioni relative alla trasparenza algoritmica e all'interpretabilità dei modelli, aspetti tanto più cruciali quanto più i sistemi di IA vengono impiegati per decisioni ad alto impatto quali l'orientamento scolastico, l'attribuzione di risorse di supporto o la certificazione di competenze (Guidotti et al., 2018; Rudin, 2019).

Una terza fase, spesso trascurata ma fondamentale, concerne la validazione pedagogica del sistema implementato, che non può limitarsi alla verifica dell'accuratezza predittiva su metriche statistiche standardizzate, ma deve includere anche la valutazione dell'utilità pratica del feedback fornito, della sua comprensibilità da parte di docenti e studenti, della sua capacità di promuovere effettivamente apprendimenti significativi e, più in generale, della sua coerenza con i valori educativi e i principi di equità che devono informare ogni pratica valutativa (Shute, 2008; Van der Kleij et al., 2015). Come evidenziato da Wiliam (2011), un feedback tecnicamente accurato ma pedagogicamente non traducibile in azione didattica risulta sostanzialmente inutile ai fini del miglioramento degli apprendimenti.

La quarta fase riguarda il monitoraggio continuo e la governance del sistema implementato, attraverso meccanismi che permettano di rilevare tempestivamente eventuali drift prestazionali degli algoritmi, bias emergenti, conseguenze inattese o indesiderate, garantendo inoltre procedure trasparenti per la contestazione delle decisioni algoritmiche e per la supervisione umana significativa (human-in-the-loop) in tutte le situazioni ad alto rischio (Raji et al., 2020; Green & Chen, 2019). Questa fase richiede l'istituzione di forme di audit algoritmico periodico, condotto da soggetti indipendenti e competenti, che verifichino la persistenza della validità, dell'equità e della sicurezza del sistema nel corso del tempo.

Lo schema seguente illustra il framework operativo proposto, articolato secondo una logica ciclica che enfatizza la natura iterativa e riflessiva del processo di implementazione dell'IA nei contesti valutativi.

#### Schema 2: Framework Ciclico per l'Implementazione dell'IA nella Valutazione Scolastica

##### FASE 1: FONDAZIONE EPISTEMOLOGICA

###### Componenti:

- Definizione scopi valutativi (formativo/sommativo/diagnostico/certificativo)
- Specificazione costrutti di competenza e framework teorici di riferimento

- Identificazione dimensioni valutabili e loro operazionalizzazione

- Analisi ecologica del contesto di implementazione

Attori coinvolti: Pedagogisti, psicologi dell'educazione, docenti esperti

Output: Documento di specifica pedagogica e matrice costruito-indicatori

Criticità: Reificazione delle competenze, riduzionismo operazionalistico

##### FASE 2: PROGETTAZIONE TECNICA

###### Componenti:

- Selezione architettura IA appropriata al contesto
- Raccolta e preparazione dataset di training eticamente sourced
- Implementazione algoritmi con attenzione a fairness e interpretability

- Testing e validazione tecnica su metriche multiple

Attori coinvolti: Data scientists, ingegneri ML, esperti psicometrici

Output: Sistema funzionante con documentazione tecnica completa

Criticità: Bias nei dati, opacità algoritmica, overfitting, generalizzazione limitata

##### FASE 3: VALIDAZIONE PEDAGOGICA

###### Componenti:

- Pilot study in contesti controllati con docenti volontari
- Valutazione utilità e usabilità feedback fornito

- Analisi impatto su pratiche didattiche e apprendimenti
- Verifica consequential validity e social justice implications

Attori coinvolti: Ricercatori educativi, docenti sperimentatori, studenti

Output: Evidence di efficacia pedagogica e raccomandazioni per refinement

Criticità: Effetto Hawthorne, difficoltà attribuzione causale, resistenze professionali

#### FASE 4: IMPLEMENTAZIONE CONTROLLATA

Componenti:

- Scale-up graduale con formazione docenti estesa
- Protocolli di governance e supervisione umana
- Sistemi di logging e auditing delle decisioni algoritmiche
- Canali per contestazione e ricorso

Attori coinvolti: Dirigenti scolastici, amministratori, comitati etici, garanti privacy

Output: Sistema in produzione con meccanismi di accountability

Criticità: Institutional isomorphism, formalismo compliance, digital divide

#### FASE 5: MONITORAGGIO E AUDIT

Componenti:

- Rilevazione continua performance e bias monitoring
- Audit algoritmici periodici da soggetti terzi indipendenti
- Valutazione impatto a lungo termine su equità outcomes
- Aggiornamento e re-training basato su nuove evidenze

Attori coinvolti: Auditor indipendenti, organismi regolatori, advocacy groups

Output: Report di audit e raccomandazioni per miglioramenti

Criticità: Regulatory capture, audit theatre, drift algoritmico

#### PRINCIPI TRASVERSALI

- Primato del giudizio professionale docente
- Trasparenza algoritmica e right to explanation
- Fairness procedurale e substantive
- Privacy by design e data minimization
- Contestabilità delle decisioni
- Agentività e dignità degli studenti

La struttura pentafasica sottolinea la natura iterativa del processo e la necessità di continua riflessività pedagogica, tecnica ed etica. I principi trasversali, derivanti dal framework etico europeo per l'IA in educazione (European Commission, 2022) e dall'AI Act (EU, 2024), devono informare tutte le fasi del ciclo implementativo, garantendo che l'efficienza computazionale non prevalga mai sulla tutela dei diritti fondamentali e della dignità delle persone coinvolte.

Il framework illustrato evidenzia come l'implementazione dell'IA nei processi valutativi non possa essere considerata un'operazione puramente tecnica, ma richieda invece un approccio sistemico e multidisciplinare che integri competenze pedagogiche, psicometriche, informatiche, etiche e giuridiche (Holmes et al., 2022). Come sottolineato da Sclater (2017), il successo di questi sistemi dipende in misura determinante dalla loro capacità di generare riconoscenze operative che possa effettivamente supportare e arricchire, piuttosto che sostituire o impoverire, la professionalità docente.

## 5. Dimensioni etiche e governance dell'intelligenza artificiale nei processi valutativi

L'implementazione di sistemi di intelligenza artificiale nella valutazione degli apprendimenti solleva un complesso insieme di questioni etiche che trascendono le preoccupazioni puramente tecniche o metodologiche, investendo dimensioni fondamentali quali la giustizia distributiva, il rispetto della dignità umana, la protezione della privacy, l'autonomia individuale e la democraticità dei processi decisionali (Dignum, 2019; Floridi & Cowls, 2019).

Una prima dimensione critica concerne il problema dell'equità algoritmica e della discriminazione sistemica che può essere incorporata, perpetuata o amplificata dai sistemi di IA, fenomeno ampiamente documentato in diversi ambiti applicativi e che si manifesta quando gli algoritmi producono sistematicamente predizioni o decisioni meno accurate o meno favorevoli per gruppi sociali già marginalizzati, definiti in base a caratteristiche quali genere, etnia, classe sociale, lingua, disabilità o provenienza geografica (Eubanks, 2018; Benjamin, 2019). Nel contesto educativo italiano, caratterizzato da significative disuguaglianze territoriali e socio-economiche, tale questione assume particolare rilevanza, come evidenziato da Benadusi e Giancola (2020) nella loro analisi delle disuguaglianze educative e da Pavolini (2015) nello studio sulla stratificazione sociale nell'accesso all'istruzione. Il rischio, come sottolineato da Colombo (2010) nella sua sociologia della scuola, è che gli algoritmi, lungi dal promuovere l'equità, finiscano per cristallizzare e legittimare forme di esclusione sociale preesistenti, attribuendo loro una patina di oggettività scientifica che ne rende più difficile il riconoscimento e il contrasto.

Nel contesto educativo, tale bias può derivare da molteplici fonti: dati di training che riflettono disuguaglianze storiche negli outcomes educativi; feature selection che incorpora proxy discriminatori; ottimizzazione di metriche che implicitamente valorizzano alcuni gruppi a scapito di altri; o ancora, definizioni del costrutto di competenza culturalmente situate che privilegiano forme di conoscenza e modalità espressive di gruppi dominanti (Baker & Hawn, 2022; Fazelpour & Danks, 2021).

Una seconda questione fondamentale riguarda la trasparenza e l'explicabilità dei sistemi di IA impiegati per scopi valutativi, problematica particolarmente acuta nel caso di architetture basate su deep learning o ensemble methods complessi, i cui processi decisionali risultano sostanzialmente opachi anche per i loro stessi sviluppatori, configurando quella che Pasquale (2015) ha definito "black box society". In ambito educativo, tale opacità è particolarmente problematica poiché impedisce a docenti, studenti e famiglie di comprendere le ragioni sottostanti a una valutazione o a una raccomandazione algoritmica, limitando così la possibilità di contestare decisioni potenzialmente errate o ingiuste e minando la fiducia nel sistema valutativo (Cobbe et al., 2023; Wachter et al., 2017). Come affermato nel Regolamento UE sull'Intelligenza Artificiale (EU, 2024), i sistemi ad alto rischio – categoria nella quale rientrano quelli impiegati per la valutazione degli apprendimenti – devono garantire adeguati livelli di trasparenza e devono permettere forme di supervisione umana significativa.

Una terza dimensione etica, intimamente connessa alle precedenti, concerne la protezione della privacy e dei dati personali degli studenti, questione resa particolarmente delicata dal fatto che i sistemi di IA richiedono tipicamente la raccolta, l'elaborazione e la conservazione di grandi quantità di dati sensibili, incluse tracce digitali dettagliate delle interazioni degli studenti con ambienti di apprendimento, produzioni scritte, pattern comportamentali, e potenzialmente anche dati biometrici o affettivi (Tsai et al., 2020; Prinsloo & Slade, 2016). Come sottolineato da Zuboff (2019) nella sua analisi del capitalismo della sorveglianza, la logica estrattiva che informa

molti sistemi di IA tende a massimizzare la raccolta dati al di là di quanto strettamente necessario per le finalità dichiarate, creando rischi di sorveglianza pervasiva, profilazione invasiva e potenziale uso improprio dei dati, rischi particolarmente gravi quando coinvolgono minori che non possono fornire un consenso informato pienamente autonomo.

Una quarta questione riguarda il rischio di de-professionalizzazione e dequalificazione del corpo docente, fenomeno che può verificarsi quando sistemi di IA vengono implementati in modo da sostituire piuttosto che supportare il giudizio professionale degli insegnanti, riducendo la loro autonomia decisionale, svalutando la loro expertise pedagogica e trasformandoli in meri esecutori di prescrizioni algoritmiche (Selwyn et al., 2020; Perrotta & Selwyn, 2020). Nel contesto italiano, tale problematica si inserisce in un più ampio dibattito sulla professionalità docente, affrontato da Damiano (2007) e da Perla (2013), che hanno sottolineato come l'insegnamento costituisca una professione riflessiva che richiede competenze complesse di diagnosi, progettazione, mediazione didattica e valutazione contestualizzata che non possono essere algoritmizzate senza perdere la loro dimensione più propriamente pedagogica. Come osservato da Biesta (2015) e Baldacci (2014), la valutazione educativa non è riducibile a un problema puramente tecnico di misurazione, ma incorpora inevitabilmente dimensioni di giudizio valoriale, contestualizzazione situata e relazione pedagogica che non possono essere delegate ad algoritmi senza impoverire sostanzialmente la funzione educativa.

Infine, una quinta dimensione critica concerne il problema degli effetti di feedback e delle profezie auto-avveranti, per cui predizioni algoritmiche circa le future performance degli studenti possono influenzare le aspettative e i comportamenti di docenti, genitori e degli stessi studenti in modi che finiscono per realizzare le predizioni stesse, indipendentemente dalla loro accuratezza iniziale (Brayne, 2020; Merton, 1968). Nel contesto educativo, tale fenomeno è particolarmente preoccupante poiché può cristallizzare disuguaglianze, limitare le opportunità di studenti già svantaggiati e violare il principio fondamentale dell'educabilità universale, secondo cui ogni persona possiede un potenziale di sviluppo che non può essere definitivamente predeterminato da algoritmi basati su dati storici.

Di fronte a questo complesso panorama di rischi etici, diviene imperativa l'adozione di robusti framework di governance che regolino l'implementazione dell'IA nei contesti valutativi scolastici, framework che devono articolarsi su molteplici livelli – istituzionale, normativo, professionale – e che devono incorporare meccanismi di accountability, partecipazione democratica e tutela dei diritti fondamentali (Whittaker et al., 2018; Ada Lovelace Institute, 2020). Come evidenziato dalle Ethical Guidelines for Educators elaborate dalla Commissione Europea (2022), tali framework devono garantire: (a) assessment di impatto algoritmico ex-ante che valuti rischi potenziali prima dell'implementazione; (b) coinvolgimento significativo di tutti gli stakeholder, inclusi studenti e famiglie, nei processi decisionali; (c) trasparenza circa il funzionamento, i limiti e le assunzioni dei sistemi impiegati; (d) procedure accessibili per la contestazione delle decisioni algoritmiche; (e) audit indipendenti periodici; (f) formazione adeguata del personale educativo; (g) rispetto rigoroso dei principi di data minimization e privacy by design.

## **6. Prospettive di ricerca e implicazioni per le politiche educative**

L'analisi condotta evidenzia come l'integrazione dell'intelligenza artificiale nei processi di valutazione degli apprendimenti rappresenti un fenomeno complesso e multidimensionale che, lungi dal configurarsi quale

semplice innovazione tecnologica, solleva interrogativi epistemologici, metodologici, pedagogici ed etici di fondamentale rilevanza per il futuro dei sistemi educativi (Popenici & Kerr, 2017; Knox et al., 2020).

I risultati della ricerca contemporanea suggeriscono che i sistemi di IA, se opportunamente progettati, implementati e governati, possono effettivamente offrire contributi significativi al potenziamento della funzione formativa e diagnostica della valutazione, consentendo forme di personalizzazione, adattività e continuità del monitoraggio che trascendono i limiti delle metodologie tradizionali e che possono supportare concretamente i docenti nell'identificazione tempestiva di difficoltà, nella progettazione di interventi mirati e nella costruzione di ambienti di apprendimento più equi ed efficaci (Luckin et al., 2016; Roll & Wylie, 2016). Tuttavia, come ripetutamente sottolineato in questa trattazione, tali benefici potenziali sono subordinati al soddisfacimento di condizioni stringenti di rigore metodologico, trasparenza algoritmica, equità procedurale e supervisione umana qualificata, condizioni che attualmente risultano soddisfatte solo parzialmente nella maggior parte dei sistemi commerciali disponibili sul mercato educativo.

Sul piano della ricerca futura, appare prioritario lo sviluppo di approcci metodologici che permettano di valutare non solo l'accuratezza tecnica dei sistemi di IA, ma anche e soprattutto il loro impatto pedagogico effettivo, le loro conseguenze in termini di equità educativa, la loro sostenibilità organizzativa e la loro compatibilità con i valori democratici che devono informare l'educazione pubblica (Baker et al., 2019; Eynon, 2013). Ciò richiede l'adozione di disegni di ricerca che vadano oltre i trial randomizzati controllati di breve periodo, tipicamente impiegati per la valutazione delle tecnologie educative, in favore di approcci longitudinali, ecologicamente validi e sensibili alle dimensioni qualitative e contestuali che caratterizzano i processi educativi reali (Cobb et al., 2003; Kelly, 2004).

Particolare attenzione dovrà essere rivolta allo studio delle condizioni che facilitano o ostacolano l'appropriazione pedagogicamente significativa dell'IA da parte dei docenti, superando visioni deterministiche che attribuiscono efficacia intrinseca alle tecnologie e riconoscendo invece il ruolo mediatore cruciale delle competenze professionali, delle culture organizzative, delle infrastrutture disponibili e delle politiche di supporto nell'determinare gli outcomes educativi effettivi (Ertmer, 1999; Fullan, 2007). Come sottolineato da Zhao e Frank (2003), le innovazioni tecnologiche tendono ad essere filtrate, tradotte e talvolta distorte attraverso gli ecology esistenti delle pratiche scolastiche, e la comprensione di tali processi di mediazione risulta essenziale per evitare implementazioni naïve destinate al fallimento.

Sul piano delle implicazioni per le politiche educative, la ricerca presentata suggerisce la necessità di approcci regolatori che bilancino attentamente promozione dell'innovazione e tutela dei diritti, evitando sia derive tecno-deterministiche che atteggiamenti neo-luddisti di rifiuto a priori delle tecnologie (Williamson et al., 2020). In questa prospettiva, risulta cruciale l'adozione di framework normativi – quali l'AI Act europeo (EU, 2024) – che stabiliscano requisiti vincolanti per i sistemi ad alto rischio impiegati in ambito educativo, garantendo standard minimi di trasparenza, accountability, fairness e sicurezza, e che prevedano meccanismi efficaci di enforcement e sanzione per le violazioni (Veale & Borgesius, 2021).

Parimenti essenziale risulta l'investimento nella formazione del personale educativo, affinché docenti e dirigenti scolastici sviluppino non solo competenze tecniche d'uso degli strumenti di IA, ma soprattutto forme di literacy critica che permettano loro di interrogare i presupposti, valutare i

limiti, riconoscere i bias e contestare le decisioni di tali sistemi, preservando così la loro autonomia professionale e la loro capacità di giudizio pedagogico (Shneiderman, 2020; Carmi et al., 2020). Come evidenziato dal DigComp 2.2 framework (European Commission, 2022), tale formazione deve articolarsi su dimensioni molteplici – tecniche, etiche, socio-politiche – e deve essere integrata strutturalmente nei curricula di formazione iniziale e continua degli insegnanti.

Infine, appare fondamentale promuovere forme di partecipazione democratica dei diversi stakeholder – docenti, studenti, famiglie, comunità locali – nei processi decisionali relativi all'adozione e alla configurazione dei sistemi di IA nelle scuole, superando modelli top-down di imposizione tecnologica e costruendo invece percorsi deliberativi inclusivi che permettano di definire collettivamente i fini educativi che le tecnologie dovrebbero servire, i valori che dovrebbero incorporare e i limiti che dovrebbero rispettare (Zuboff, 2019; Birhane et al., 2022). Solo attraverso tali processi partecipativi sarà possibile costruire sistemi di IA che, anziché riprodurre e amplificare le disuguaglianze esistenti, contribuiscano effettivamente alla realizzazione di un'educazione più equa, inclusiva e emancipativa.

## 7. Conclusioni

La presente trattazione ha esaminato, attraverso un'analisi critica e sistematica, le molteplici dimensioni teoriche, metodologiche, pedagogiche ed etiche connesse all'impiego dell'intelligenza artificiale nei processi di valutazione degli apprendimenti, evidenziando come tale fenomeno, lungi dal rappresentare una mera questione tecnica, sollevi interrogativi fondamentali circa i fini dell'educazione, la natura della professionalità docente e i principi di giustizia che devono informare i sistemi educativi nelle società democratiche.

L'analisi condotta ha dimostrato come i sistemi di IA offrano potenzialità significative per il potenziamento della funzione formativa e diagnostica della valutazione, consentendo forme di personalizzazione, adattività e continuità del monitoraggio che possono effettivamente supportare i docenti nell'identificazione tempestiva di difficoltà e nella progettazione di interventi didattici evidence-informed. Tuttavia, come ripetutamente sottolineato, tali benefici potenziali sono subordinati al soddisfacimento di condizioni stringenti relative alla qualità metodologica dei sistemi implementati, alla loro trasparenza algoritmica, alla loro equità procedurale e, soprattutto, alla preservazione del primato del giudizio professionale docente e del rispetto della dignità e dell'agentività degli studenti.

La tassonomia delle architetture di IA presentata ha evidenziato come diversi paradigmi computazionali – dai sistemi di tutoraggio intelligente agli algoritmi di Natural Language Processing, dai Learning Analytics ai sistemi multimodali – si caratterizzino per specifici punti di forza, limiti operativi e implicazioni pedagogiche, richiedendo quindi valutazioni contestualizzate che ne guidino la selezione appropriata. Il framework operativo proposto ha inoltre delineato un percorso implementativo articolato in fasi che integrano dimensioni epistemologiche, tecniche, pedagogiche e di governance, sottolineando la natura necessariamente ciclica e riflessiva del processo di integrazione dell'IA nei contesti valutativi scolastici.

L'analisi delle dimensioni etiche ha rivelato la complessità e la gravità dei rischi connessi all'automazione valutativa, inclusi problemi di bias algoritmico, opacità decisionale, violazioni della privacy, de-professionalizzazione docente e effetti di feedback auto-avveranti, rischi che

richiedono l'adozione di robusti framework di governance multilivello, ispirati ai principi sanciti dalla normativa europea e dalle linee guida etiche internazionali. Come argomentato, la costruzione di sistemi di IA pedagogicamente utili ed eticamente accettabili richiede un approccio radicalmente interdisciplinare che integri competenze pedagogiche, psicometriche, informatiche, etiche e giuridiche, superando sia visioni riduzionistiche che attribuiscono efficacia intrinseca alla tecnologia, sia atteggiamenti tecnofobici che ne rifiutano a priori le potenzialità.

In conclusione, l'intelligenza artificiale nei processi valutativi deve essere concepita non quale sostituto della valutazione umana, ma quale strumento complementare che, se opportunamente progettato, implementato e governato, può arricchire il repertorio metodologico disponibile per i docenti, potenziandone la capacità diagnostica e supportandone la funzione formativa, senza tuttavia mai sostituirsi alla dimensione relazionale, interpretativa e valoriale che costituisce il nucleo irriducibile dell'atto educativo. Come osservato da Biesta (2015), l'educazione non è riducibile a un problema di ottimizzazione tecnica, ma rimane costitutivamente un'impresa etica, politica e profondamente umana, nella quale gli algoritmi possono trovare spazio solo se e nella misura in cui servono i fini umanistici e democratici che devono continuare a orientare i sistemi educativi pubblici.

## Bibliografia

- Ada Lovelace Institute. (2020). Examining the black box: Tools for assessing algorithmic systems. Ada Lovelace Institute.
- Baker, R. S., & Hawn, A. (2022). Algorithmic bias in education. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 32(4), 1052–1092. <https://doi.org/10.1007/s40593-021-00285-9>.
- Baker, R. S., & Inventado, P. S. (2014). Educational data mining and learning analytics. In J. A. Larusson & B. White (Eds.), *Learning analytics: From research to practice* (pp. 61–75). Springer.
- Baker, T., Smith, L., & Anissa, N. (2019). *Educ-AI-tion rebooted? Exploring the future of artificial intelligence in schools and colleges*. Nesta.
- Baldacci, M. (2014). *Per un'idea di scuola: Istruzione, lavoro e democrazia*. Milano: FrancoAngeli.
- Barocas, S., & Selbst, A. D. (2016). Big data's disparate impact. *California Law Review*, 104(3), 671–732.
- Benadusi, L., & Giancola, O. (2020). *Equità e merito nella scuola: Teorie, indagini empiriche, politiche*. Milano: FrancoAngeli.
- Benjamin, R. (2019). *Race after technology: Abolitionist tools for the new Jim Code*. Cambridge: Polity Press.
- Biesta, G. (2010). Why 'what works' still won't work: From evidence-based education to value-based education. *Studies in Philosophy and Education*, 29(5), 491–503.
- Biesta, G. (2010). *Good education in an age of measurement: Ethics, politics, democracy*. Boulder, CO: Paradigm Publishers.
- Birhane, A., Kalluri, P., Card, D., Agnew, W., Dotan, R., & Bao, M. (2022). The forgotten margins of AI ethics. In *Proceedings of the 2022 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency (FAccT '22)* (pp. 948–958). ACM.
- Black, P., & Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 5(1), 7–74.
- Blikstein, P., & Worsley, M. (2016). Multimodal learning analytics and education data mining: Using computational technologies to measure complex learning tasks. *Journal of Learning Analytics*, 3(2), 220–238.
- Brayne, S. (2020). *Predict and surveil: Data, discretion, and the future of policing*. Oxford: Oxford University Press.
- Calvani, A., & Menichetti, L. (2015). *Come fare un progetto didattico: Gli errori da evitare*. Roma: Carocci.

Calvani, A., Fini, A., & Ranieri, M. (2010). *La competenza digitale nella scuola: Modelli e strumenti per valutarla e svilupparla*. Trento: Erickson.

Carmi, E., Yates, S. J., Lockley, E., & Pawluczuk, A. (2020). Data citizenship: Rethinking data literacy in the age of disinformation, misinformation, and malinformation. *Internet Policy Review*, 9(2), 1–22. <https://doi.org/10.14763/2020.2.1481>.

Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R., & Schauble, L. (2003). Design experiments in educational research. *Educational Researcher*, 32(1), 9–13.

Cobbe, J., Lee, M. S. A., & Singh, J. (2021). Reviewable automated decision-making: A framework for accountable algorithmic systems. In *Proceedings of the 2021 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency (FAccT '21)* (pp. 598–609). New York, NY: ACM. <https://doi.org/10.1145/3442188.3445920>.

Colombo, M. (2010). *Dispersione scolastica e politiche per il successo formativo*. Trento: Erickson.

Damiano, E. (2007). *L'insegnante: Identificazione di una professione*. Brescia: La Scuola.

Darling-Hammond, L., & Adamson, F. (Eds.). (2010). *Beyond basic skills: The role of performance assessment in achieving 21st century standards of learning*. Stanford Center for Opportunity Policy in Education.

Devlin, J., Chang, M.-W., Lee, K., & Toutanova, K. (2019). BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. In *Proceedings of NAACL-HLT 2019* (pp. 4171–4186). Association for Computational Linguistics. <https://doi.org/10.18653/v1/N19-1423>.

Di Mitri, D., Schneider, J., Specht, M., & Drachsler, H. (2018). From signals to knowledge: A conceptual model for multimodal learning analytics. *Journal of Computer Assisted Learning*, 34(4), 338–349.

Dignum, V. (2019). *Responsible artificial intelligence: How to develop and use AI in a responsible way*. Cham: Springer.

Domenici, G. (2003). *Manuale della valutazione scolastica*. Roma: Laterza.

Domenici, G. (2017). *Manuale dell'orientamento e della didattica modulare*. Roma: Laterza.

Ertmer, P. A. (1999). Addressing first- and second-order barriers to change: Strategies for technology integration. *Educational Technology Research and Development*, 47(4), 47–61.

Eubanks, V. (2018). *Automating inequality: How high-tech tools profile, police, and punish the poor*. New York, NY: St. Martin's Press.

European Commission. (2022). *Ethical guidelines on the use of artificial intelligence (AI) and data in teaching and learning for educators*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

European Commission, Joint Research Centre. (2022). *DigComp 2.2: The Digital Competence Framework for Citizens*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

European Union. (2024). *Regulation (EU) 2024/1689 on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act)*. Official Journal of the European Union.

Eynon, R. (2013). The rise of Big Data: What does it mean for education, technology, and media research? *Learning, Media and Technology*, 38(3), 237–240.

Fazelpour, S., & Danks, D. (2021). Algorithmic bias: Senses, sources, solutions. *Philosophy Compass*, 16(8), e12760. <https://doi.org/10.1111/phc3.12760>

Ferguson, R. (2012). Learning analytics: Drivers, developments and challenges. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 4(5/6), 304–317.

Floridi, L., & Cows, J. (2019). A unified framework of five principles for AI in society. *Harvard Data Science Review*, 1(1). <https://doi.org/10.1162/99608f92.8cd550d1>

Fullan, M. (2007). *The new meaning of educational change* (4th ed.). New York, NY: Teachers College Press.

Gattullo, M. (1967). *Didattica e docimologia: Misurazione e valutazione nella scuola*. Roma: Armando Editore.

Graesser, A. C., Conley, M. W., & Olney, A. (2018). Intelligent tutoring systems. In F. Fischer, C. E. Hmelo-Silver, S. R. Goldman, & P. Reimann (Eds.), *International handbook of the learning sciences* (pp. 246–255). New York, NY: Routledge.

Green, B., & Chen, Y. (2019). The principles and limits of algorithm-in-the-loop decision making. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 3(CSCW), Article 50. <https://doi.org/10.1145/3359152>.

- Guidotti, R., Monreale, A., Ruggieri, S., Turini, F., Giannotti, F., & Pedreschi, D. (2018). A survey of methods for explaining black box models. *ACM Computing Surveys*, 51(5), Article 93. <https://doi.org/10.1145/3236009>.
- Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2009). *The elements of statistical learning: Data mining, inference, and prediction* (2nd ed.). Springer.
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign.
- Holmes, W., Persson, J., Chounta, I.-A., Wasson, B., & Dimitrova, V. (2022). *Artificial intelligence and education: A critical view through the lens of human rights, democracy and the rule of law*. Council of Europe.
- Holstein, K., & Aleven, V. (2023). Designing for human–AI complementarity in K-12 education. *AI Magazine*, 44(1), 78–88. <https://doi.org/10.1609/aimag.v44i1.26808>.
- Kelly, A. E. (2004). Design research in education: Yes, but is it methodological? *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 115–128.
- Knox, J., Williamson, B., & Bayne, S. (2020). Machine behaviourism: Future visions of 'learnification' and 'datafication' across humans and digital technologies. *Learning, Media and Technology*, 45(1), 31–45.
- Kulik, J. A., & Fletcher, J. D. (2016). Effectiveness of intelligent tutoring systems: A meta-analytic review. *Review of Educational Research*, 86(1), 42–78. <https://doi.org/10.3102/0034654315581420>.
- Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence unleashed: An argument for AI in education*. Pearson.
- Ma, W., Adesope, O. O., Nesbit, J. C., & Liu, Q. (2014). Intelligent tutoring systems and learning outcomes: A meta-analysis. *Journal of Educational Psychology*, 106(4), 901–918. <https://doi.org/10.1037/a0037123>.
- McNamara, D. S., Crossley, S. A., & Roscoe, R. D. (2015). Natural language processing in an intelligent writing strategy tutoring system. *Behavior Research Methods*, 47(2), 499–515.
- Merton, R. K. (1968). The Matthew effect in science. *Science*, 159(3810), 56–63.
- Messick, S. (1989). Validity. In R. L. Linn (Ed.), *Educational measurement* (3rd ed., pp. 13–103). New York, NY: Macmillan.
- O'Neil, C. (2016). *Weapons of math destruction: How big data increases inequality and threatens democracy*. New York, NY: Crown.
- Pardo, A., Jovanovic, J., Dawson, S., Gašević, D., & Mirriahi, N. (2019). Using learning analytics to scale the provision of personalised feedback. *British Journal of Educational Technology*, 50(1), 128–138.
- Pasquale, F. (2015). *The black box society: The secret algorithms that control money and information*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Pavolini, E. (2015). Sistemi scolastici e disuguaglianze sociali. In L. Benadusi & F. Giancola (Eds.), *Equità e merito nella scuola* (pp. xx–xx). Milano: FrancoAngeli.
- Pellegrino, J. W. (2014). Assessment as a positive influence on 21st century teaching and learning: A systems approach to progress. *Psicología Educativa*, 20(2), 65–77. <https://doi.org/10.1016/j.pse.2014.11.002>
- Perla, L. (2013). *Per una didattica dell'inclusione: Prove di formalizzazione*. Lecce: Pensa MultiMedia.
- Perrotta, C., & Selwyn, N. (2020). Deep learning goes to school: Toward a relational understanding of AI in education. *Learning, Media and Technology*, 45(3), 251–269. <https://doi.org/10.1080/17439884.2020.1686012>.
- Popenici, S. A. D., & Kerr, S. (2017). Exploring the impact of artificial intelligence on teaching and learning in higher education. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 12(1), Article 22. <https://doi.org/10.1186/s41039-017-0062-8>.
- Prinsloo, P., & Slade, S. (2016). Student vulnerability, agency and learning analytics: An exploration. *Journal of Learning Analytics*, 3(1), 159–182. <https://doi.org/10.18608/jla.2016.31.10>.
- Raji, I. D., Smart, A., White, R. N., Mitchell, M., Gebru, T., Hutchinson, B., Smith-Loud, J., Theron, D., & Barnes, P. (2020). Closing the AI accountability gap: Defining an end-to-end framework for internal algorithmic auditing. In *Proceedings of the 2020 Conference on Fairness, Accountability, and Transparency (FAT\* '20)* (pp. 33–44). ACM. <https://doi.org/10.1145/3351095.3372873>
- Rivoltella, P. C. (2017). *Tecnologie di comunità*. Brescia: La Scuola.

- Rivoltella, P. C. (2020). *Nuovi alfabeti: Educazione e culture nella società post-mediale*. Brescia: Scholé.
- Roll, I., & Wylie, R. (2016). Evolution and revolution in artificial intelligence in education. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(2), 582–599. <https://doi.org/10.1007/s40593-016-0099-3>
- Romero, C., & Ventura, S. (2020). Educational data mining and learning analytics: An updated survey. *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery*, 10(3), e1355. <https://doi.org/10.1002/widm.1355>.
- Rudin, C. (2019). Stop explaining black box machine learning models for high stakes decisions and use interpretable models instead. *Nature Machine Intelligence*, 1(5), 206–215. <https://doi.org/10.1038/s42256-019-0048-x>.
- Scalcione, V. N. (2025). Contesti educativi: misura, strumenti, valutazione. In A. Bartolini et al. (a cura di), *La formazione iniziale e continua degli insegnanti: Relazioni, comunicazione, metodi* (pp. 629–633). Lecce: Pensa MultiMedia.
- Sclater, N. (2017). *Learning analytics explained*. New York, NY: Routledge.
- Selwyn, N. (2019). What's the problem with learning analytics? *Journal of Learning Analytics*, 6(3), 11–19. <https://doi.org/10.18608/jla.2019.63.2>
- Selwyn, N., Hillman, T., Eynon, R., Ferreira, G., Knox, J., Macgilchrist, F., & Sancho-Gil, J. M. (2020). What's next for Ed-Tech? Critical hopes and concerns for the 2020s. *Learning, Media and Technology*, 45(1), 1–6. <https://doi.org/10.1080/17439884.2020.1694945>.
- Shermis, M. D., & Burstein, J. (Eds.). (2013). *Handbook of automated essay evaluation: Current applications and new directions*. New York, NY: Routledge.
- Shneiderman, B. (2020). Human-centered artificial intelligence: Reliable, safe and trustworthy. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 36(6), 495–504. <https://doi.org/10.1080/10447318.2020.1741118>.
- Shute, V. J. (2008). Focus on formative feedback. *Review of Educational Research*, 78(1), 153–189. <https://doi.org/10.3102/0034654307313795>.
- Shute, V. J., & Rahimi, S. (2017). Review of computer-based assessment for learning in elementary and secondary education. *Journal of Computer Assisted Learning*, 33(1), 1–19. <https://doi.org/10.1111/jcal.12126>
- Siemens, G., & Baker, R. S. J. d. (2012). Learning analytics and educational data mining: Towards communication and collaboration. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge (LAK '12)* (pp. 252–254). ACM. <https://doi.org/10.1145/2330601.2330661>.
- Stahl, G., Cress, U., Ludvigsen, S., & Law, N. (2014). Analyzing roles of individuals in small-group collaboration processes. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 9(4), 365–370. <https://doi.org/10.1007/s11412-014-9205-0>.
- Trincherò, R. (2012). *Costruire, valutare, certificare competenze: Proposte di attività per la scuola*. Milano: FrancoAngeli.
- Tsai, Y.-S., Rates, D., Moreno-Marcos, P. M., Muñoz-Merino, P. J., Jivet, I., Scheffel, M., Drachsler, H., Kloos, C. D., & Gašević, D. (2020). Learning analytics in European higher education—Trends and barriers. *Computers & Education*, 155, 103933. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103933>.
- UNESCO. (2021). *AI and education: Guidance for policy-makers*. Paris: UNESCO Publishing.
- Van der Kleij, F. M., Feskens, R. C. W., & Eggen, T. J. H. M. (2015). Effects of feedback in a computer-based learning environment on students' learning outcomes: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 85(4), 475–511. <https://doi.org/10.3102/0034654314564881>.
- Van der Linden, W. J., & Glas, C. A. W. (Eds.). (2010). *Elements of adaptive testing*. New York, NY: Springer.
- VanLehn, K. (2011). The relative effectiveness of human tutoring, intelligent tutoring systems, and other tutoring systems. *Educational Psychologist*, 46(4), 197–221.
- Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, Ł., & Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. In *Advances in Neural Information Processing Systems* (Vol. 30, pp. 5998–6008).
- Veale, M., & Borgesius, F. Z. (2021). Demystifying the Draft EU Artificial Intelligence Act. *Computer Law Review International*, 22(4), 97–112.
- Vertecchi, B. (2003). *Manuale della valutazione: Analisi degli apprendimenti e dei contesti*. Milano: FrancoAngeli.

- Visalberghi, A. (1955). *Misurazione e valutazione nel processo educativo*. Milano: Edizioni di Comunità.
- Wachter, S., Mittelstadt, B., & Floridi, L. (2017). Why a right to explanation of automated decision-making does not exist in the general data protection regulation. *International Data Privacy Law*, 7(2), 76–99.
- Wainer, H. (2000). *Computerized adaptive testing: A primer* (2nd ed.). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Whittaker, M., Crawford, K., Dobbe, R., Fried, G., Kaziunas, E., Mathur, V., West, S. M., Richardson, R., Schultz, J., & Schwartz, O. (2018). *AI Now Report 2018*. AI Now Institute.
- William, D. (2011). What is assessment for learning? *Studies in Educational Evaluation*, 37(1), 3–14.
- Williamson, B. (2017). *Big data in education: The digital future of learning, policy and practice*. London: SAGE.
- Williamson, B., Bayne, S., & Shay, S. (2020). The datafication of teaching in Higher Education: Critical issues and perspectives. *Teaching in Higher Education*, 25(4), 351–365.
- Wise, A. F., & Schwarz, B. B. (2017). Visions of CSCL: Eight provocations for the future of the field. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 12(4), 423–467.
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education—Where are the educators? *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 20(5), 39–69.
- Zhao, Y., & Frank, K. A. (2003). Factors affecting technology uses in schools: An ecological perspective. *American Educational Research Journal*, 40(4), 807–840.
- Zuboff, S. (2019). *The age of surveillance capitalism: The fight for a human future at the new frontier of power*. New York, NY: PublicAffairs.