

Giovanni Adorni e Frosina Koceva



DIDAMATICA 2019

informatica per la didattica

*BYOD, realtà aumentata e virtuale:
opportunità o minaccia per la formazione?*



AICA



16-17 MAGGIO 2019 | Università degli Studi "Mediterranea" di Reggio Calabria



Atti Convegno Nazionale

DIDAMATICA 2019

informatica per la didattica

Università degli Studi "Mediterranea"
di Reggio Calabria
Reggio Calabria, 16-17 maggio 2019

A cura di
Giovanni Adorni e Frosina Koceva

ISBN 978-88-98091-50-8



AICA



Atti Convegno Nazionale **DIDAMATiCA 2019**

Campus di Cesena – Università degli Studi “Mediterranea” di Reggio Calabria
Reggio Calabria, 16-17 maggio 2019

A cura di: **Giovanni Adorni e Frosina Koceva**

ISBN: 978-88-98091-50-8

Risorse e aggiornamenti relativi a questi Atti sono disponibili all'indirizzo www.aicanet.it/didamatica2019

Copyright © 2019 AICA - Associazione Italiana per l'Informatica ed il Calcolo Automatico
Piazzale Rodolfo Morandi, 2 - 20121 Milano
Tel. +39-02-7645501 - Fax +39-02-76015717
www.aicanet.it

Licenza Creative Commons
Attribuzione - Non commerciale - Condividi allo stesso modo 3.0



Tu sei libero: di riprodurre, distribuire, comunicare al pubblico, esporre in pubblico, rappresentare, eseguire e recitare quest'opera, di modificare quest'opera alle seguenti condizioni: 1) devi attribuire la paternità dell'opera citando esplicitamente la fonte e i nomi degli autori; 2) non puoi usare quest'opera per fini commerciali; 3) se alteri o trasformi quest'opera, o se la usi per crearne un'altra, puoi distribuire l'opera risultante solo con una licenza identica a questa; 4) ogni volta che usi o distribuischi quest'opera, devi farlo secondo i termini di questa licenza, che va comunicata con chiarezza.

E' possibile rinunciare a qualunque delle condizioni sopra descritte se ottieni l'autorizzazione dal detentore dei diritti. Nel caso in cui l'opera o qualunque delle sue

componenti siano nel pubblico dominio secondo la legge vigente, tale condizione non è in alcun modo modificata dalla licenza.

Questo è un riassunto in linguaggio accessibile a tutti del Codice Legale (la licenza integrale è reperibile su <http://www.creativecommons.it/Licenze>).

Prima edizione: Maggio 2019

Editing a cura di: **Giulia Carmeci e Antonio Picano**

Prefazione

DIDAMATiCA - DIDattica e inforMATiCA – (Informatica per la Didattica), dal 1986 è il punto di riferimento per studenti, docenti, istituzioni scolastiche, professionisti ICT, aziende e Pubblica Amministrazione sui temi dell'innovazione digitale per la filiera della formazione. Ponte tra scuola, formazione, ricerca e impresa, tiene vivo il confronto su ricerche, sviluppi innovativi ed esperienze in atto nel settore dell'Informatica applicata alla Didattica, nei diversi domini e nei molteplici contesti di apprendimento.

DIDAMATiCA 2019 si propone di dare inizio a una riflessione concreta e strutturata sul tema dei nuovi scenari imposti nel mondo della Scuola, del lavoro, della società dalle tecnologie “mobili” e dagli strumenti di realtà aumentata e virtuale. Esito delle due giornate di convegno dovrà essere la definizione di una agenda di ricerca per tutti gli attori dell'innovazione digitale che stanno realizzando le proprie particolari e specifiche attività lavorative con strumenti mobili e facendo uso di applicazioni e dispositivi per espandere la realtà nell'ottica della realtà aumentata e virtuale.

Non solo buone pratiche, ma problematizzazione di un nuovo modo di produrre e fruire di contenuti e spazi digitali. I temi della realtà aumentata e virtuale portano in sé istanze relative a tutte le discipline STEAM e alle richieste dell'attuale mondo del lavoro: programmazione, intelligenza artificiale, Internet delle cose e l'ormai consolidato modello economico e sociale che va sotto il nome di Industry 4.0.

Coding, making, agenti intelligenti, big-data, machine learning, block-chain dematerializzazione, sicurezza, sono parole chiave non solo per pubbliche amministrazioni, aziende e industrie IT, ma sempre di più per il sistema educativo più ampiamente esteso (Scuola, Università,

Formazione professionale, ITS) primo luogo di alfabetizzazione per future specializzazioni di settore.

DIDAMATICA è organizzata annualmente da AICA, in collaborazione con il MIUR. L'edizione **2019** si svolge presso l'Università "Mediterranea" di Reggio Calabria. Tema del convegno è **"BYOD, realtà aumentata e virtuale: opportunità o minaccia per la formazione?"**. Tale titolo sintetico non vuole essere solo uno slogan, ma vuole porsi come sfida e opportunità per rendere la Scuola e il mondo del lavoro produttivi e smart, rendere Studenti, Docenti, Professionisti consapevoli e capaci di mettere in atto comportamenti sicuri e pronti ad affrontare le sfide e minacce del futuro.

Come sempre i lavori si sviluppano in due momenti, ben definiti, ma strettamente interconnessi; le sessioni generali di confronto sui temi fondanti del convegno, e le sessioni scientifiche.

Le sessioni generali vedono quest'anno tre momenti chiave; un confronto sulle *"Competenze digitali certificate a scuola, esperienze e prospettive"* in cui verranno presentate anche le nuove iniziative di certificazione proposte a livello internazionale dalla Fondazione ECDL/ICDL; una Tavola Rotonda su *"Realtà aumentata e mista per avvicinare in modo naturale al conoscere: gli strumenti più innovativi nelle mani del docente"*; una Keynote su *"Bitcoin e Blockchain nel mondo Accademico"*.

Alla Tavola Rotonda partecipano rappresentanti del mondo della ricerca didattica accademica e del mondo della Scuola, quella scuola che ha deciso in modo strutturale di inserire gli strumenti della realtà aumentata per l'insegnamento curricolare delle discipline. A partire dall'esperienza dei relatori, obiettivo della Tavola Rotonda è identificare le opportunità e gli elementi critici che rendono possibile realizzare la più innovativa frontiera della didattica con il digitale.

Il Keynote vuole affrontare il tema Bitcoin e la Blockchain anche come strumento concreto in ambito didattico e accademico. Durante l'intervento, dopo una breve presentazione delle attività della Blockchain Education Network Italia, vengono discusse le basi di Bitcoin e le caratteristiche della Blockchain con l'illustrazione di Caso d'uso della certificazione nella didattica tramite il progetto Growbit.

Lo slogan del convegno **DIDAMATiCA 2019** è "*DIDAMATICA cambia pelle*"; infatti il convegno aggiunge alla sua tradizionale valenza scientifica un importante momento formativo dedicato al mondo dei docenti con un corso di formazione "*Fare didattica con la Realtà Aumentata: applicazioni e metodologie per inserire la Realtà Aumentata nella quotidiana pratica didattica*". Tale corso viene organizzato durante la seconda giornata del Convegno e introduce all'uso pedagogico delle tecnologie per la realtà aumentata: partendo dall'illustrazione di alcune applicazioni web per realizzare contenuti aumentati, si focalizza sugli elementi critici per una proficua introduzione di tali innovative modalità didattiche nella quotidiana pratica della scuola.

I contributi scientifici selezionati dal Comitato Scientifico sulla base della doppia valutazione effettuata per ogni singolo lavoro sottomesso da parte del Comitato dei Revisori, sono suddivisi in quattro sessioni scientifiche:

- Realtà Virtuale e Realtà Aumentata
- BYOD, Mobile e Mixed Learning
- Coding, Robotica, Pensiero Computazionale e Problem Solving
- Digitalizzazione, Innovazione Digitale e Sperimentazione.

Come tradizione di AICA, gli abstract di tutti i lavori presentati al Convegno e contenuti in questo volume vengono pubblicati su un numero speciale della rivista **MONDO DIGITALE** che ospiterà, in forma estesa, anche i 4 Best Paper, uno per ogni sessione scientifica del Convegno, che verranno selezionati con una ulteriore doppia revisione da parte del Comitato Scientifico.

Vogliamo ringraziare quanti hanno reso possibile **DIDAMATiCA 2019**. In modo particolare lo staff di AICA, che ha avuto modo di esprimere ancora una volta alta professionalità e capacità di soddisfare tutte le necessità organizzative, adeguandosi anche ai cambiamenti legati alle nuove forme di comunicazione, i colleghi della Sezione AICA Calabria, e colleghi dell'Università "Mediterranea" di Reggio Calabria per il lavoro svolto e per l'ospitalità al Convegno.

Giovanni Adorni
Frosina Koceva

Comitato di Programma

Giovanni Adorni, Presidente AICA, Chair
 Nello Scarabottolo, Vice-Pres. AICA, Co-Chair
 Lucia Abiuso, USR Calabria
 Paolo Atzeni, GII e Università Roma Tre
 Raffaele Bolla, CNIT e Università Genova
 Anna Brancaccio, MIUR
 Marina Cabrini, AICA Internazionale
 Edoardo Calia, Fondazione Links Torino
 Paolo Ciancarini, GRIN e Università Bologna
 Massimo Cicognani, Università Bologna
 Rosario Crisaldi, AICA Campania
 Rocco Defina, AICA
 Claudio Demartini, Politecnico Torino
 Gaetano Di Bello, AICA
 Roberto Ferreri, AICA Liguria
 Salvatore Gaglio, AICA Sicilia
 Gloria Gazzano, DBridge
 Roberto Grossi, AICA Toscana
 Renato Marafiotti, AICA Calabria
 Giuseppe Mastronardi, Politecnico Bari
 Tomaso Minerva, SIE-L e Università MORE
 Pierluca Montesoro, CRUI e Università Udine
 Giorgio Mortali, AICA Emilia-Romagna
 Franco Patini, AICA Lazio
 Giuseppe Pirlo, AICA Puglia
 Antonio Piva, AICA Triveneto
 Piero Poccianti, AI*IA
 Ernesto Damiani, CINI e Università Milano
 Roberto Ronutti, AICA Triveneto
 Nicola Rossignoli, AICA
 Angelo Rizzo, AICA
 Emanuela Scalzotto, AICA
 Paolo Schgor, AICA
 Carlo Tiberti, AICA
 Giuseppe Tittoto, AICA
 Paolo Traverso, FBK Trento
 Anna Verrini, AICA Lombardia
 Calogero Volo, AICA
 Rodolfo Zich, AICA Piemonte e Politecnico TO

Comitato Scientifico

Giovanni Adorni, Università Genova, Chair
 Francesco Buccafurri, Univ. Reggio C., Co-Chair
 Chiara Alzetta, Università Genova
 Mariacarla Calzarossa, Università Pavia
 Antonio Chella, Università Palermo
 Anna Ciampolini, Università Bologna
 Paolo Ciancarini, Università Bologna
 Mauro Coccoli, Università Genova
 Antonina Dattolo, Università Udine
 Claudio Demartini, Politecnico Torino
 Pasquale De Meo, Università Messina
 Giovanni Fenu, Università Cagliari
 Marco Ferretti, Università di Pavia
 Luca Forlizzi, Università Aquila
 Salvatore Gaglio, Università Palermo
 Frosina Koceva, Università Genova
 Gianluca Lax, Università Reggio Calabria
 Pierpaolo Limone, Università Foggia
 Roberto Maragliano, Università Roma Torvergata
 Marina Marchisio, Università Torino
 Paolo Maresca, Università Napoli Federico II
 Giuseppe Mastronardi, Politecnico Bari
 Luisa Mich, Università Trento
 Tomaso Minerva, Università Modena e Reggio
 Michele Missikoff, IASI-CNR Roma
 Monica Mordonini, Università Parma
 Pierluca Montesoro, Università Udine
 Enrico Nardelli, Università Roma Torvergata
 Roberto Nardone, Università Reggio Calabria
 Fiorella Operto, Scuola Robotica Genova
 Stefano Paraboschi, Università Bergamo
 Samuele Passalacqua, Università di Genova
 Donatella Persico, ITD-CNR Genova
 Giuseppe Pirlo, Università Bari
 Roberto Pirrone, Università Palermo
 Pierfranco Ravotto, AICA
 Alessandro Ricci, Università Bologna,
 Pier Cesare Rivoltella, Università Cattolica
 Piergiuseppe Rossi, Università Macerata

Nello Scarabottolo, Università Milano
 Viola Schiaffonati, Politecnico Milano
 Angela Maria Sugliano, Università Genova
 Massimo Tistarelli, Università Sassari
 Michele Tomaiuolo, Università Parma
 Ilaria Torre, Università Genova
 Genny Tortora, Università Salento
 Guglielmo Trentin, ITD-CNR Genova
 Gianni Vercelli, Università Genova
 Giuliano Vivonet, Università Cagliari

Comitato Organizzatore

Renato S. Marafioti, AICA Calabria, Chair
 Gianluca Lax, Univ. Reggio C. Co-Chair
 Giuseppe Baffo, AICA Calabria
 Elisabetta Benetti, AICA
 Eleonora Caracciolo, AICA Calabria
 Giulia Carmeci, Università Genova
 Pasquale De Meo, Università Messina
 Stefania Dimatteo, AICA
 Sonia Guaragni, AICA
 Gianluca Lax, Università Reggio Calabria
 Antonio Picano, Università Genova
 Antonia Russo, Università Reggio Calabria

Comitato dei Revisori

Giovanni Adorni, Università Genova
 Chiara Alzetta, Università Genova
 Francesco Buccafurri, Univ. Reggio Calabria
 Giulia Carmeci, Università Genova
 Antonio Chella, Università Palermo
 Anna Ciampolini, Università Bologna
 Paolo Ciancarini, Università Bologna

Mauro Coccoli, Università Genova
 Antonina Dattolo, Università Udine
 Claudio Demartini, Politecnico Torino
 Giovanni Fenu, Università Cagliari
 Luca Forlizzi, Università Aquila
 Salvatore Gaglio, Università Palermo
 Manuel Gentile, ITD-CNR Palermo
 Frosina Koceva, Università Genova
 Pierpaolo Limone, Università Foggia
 Roberto Maragliano, Università Roma Torvergata
 Marina Marchisio, Università Torino
 Paolo Maresca, Università Napoli Federico II
 Mara Masseroni, ITOS "Marie Curie" Milano
 Giuseppe Mastronardi, Politecnico Bari
 Luisa Mich, Università Trento
 Pierluca Montessoro, Università Udine
 Monica Mordonini, Università Parma
 Nello Scarabottolo, Università Milano
 Fiorella Operto, Scuola Robotica Genova
 Stefano Paraboschi, Università Bergamo
 Samuele Passalacqua, Università di Genova
 Riccardo Pecori, Università eCampus
 Donatella Persico, ITD-CNR Genova
 Antonio Picano, Università Genova
 Giuseppe Pirlo, Università Bari
 Roberto Pirrone, Università Palermo
 Pierfranco Ravotto, AICA
 Pier Cesare Rivoltella, Università Cattolica
 Antonia Russo, Università Reggio Calabria
 Lidia Stanganelli, Università Napoli Federico II
 Angela Maria Sugliano, Università Genova
 Federica Tamburini, IC Marco Polo Viareggio
 Michele Tomaiuolo, Università Parma
 Giusi Antonia Toto, Università Foggia
 Guglielmo Trentin, ITD-CNR Genova
 Gianni Vercelli, Università Genova

DIDAMATICA 2019 è stato realizzato

in Collaborazione con:



con il Patrocinio di:





DIDAMATICA 2019
informatica per la didattica

Indice

Capitolo 1 – Realtà Virtuale e Realtà Aumentata

Full Paper

- G.L. Dierna, A. Machì, P.M. Ruffino. *Integrazione di modelli interattivi virtuali e reali per visite educative museali* • **Best Paper Award** pg 3
- G.F. Anastasi, E.G. Munna. *Realtà virtuale e realtà aumentata: esperienze scolastiche* pg 13
- G. Chiazzese, E. Mangina, C. Tosto, R. Treacy, A. Chifari, G. Merlo. *Supportare l'Apprendimento della Lettura e della Scrittura attraverso la Realtà Aumentata in Bambini con Disturbo da Deficit di Attenzione e Iperattività: Il Progetto AdHd-Augmented (AHA)* pg 23
- Angela Maria Sugliano. *Documentazione didattica "aumentata": un modello ipermediale e multimodale* pg 33
- D. Taibi, M. Arrigo, G. Chiazzese, M. Farella, G. Fulantelli, G. Todaro, C.C. Rusu, L.R. Mistodie, M. Pizzuto, P. Di Benedetto. *Il progetto FabSchoolNet: Realtà Aumentata, Robotica Educativa e Stampanti 3D nelle scuole* pg 43
- F.C. Tamburini. *La Mixed Reality e l'uso del Green Screen nella didattica della Storia alla scuola primaria* pg 53

Short Paper

- U. Castaldo, F. Conti, F. Lamberti, M. Mezzalama, E. Venuto. *VR@Polito: The Virtual Reality initiative of Politecnico di Torino – the experience of the Virtual Tour for Foreign Students.* pg 63
- G.A. Cignoni, M. Gazzarri. *Narrativa storica: un esempio molto particolare di realtà virtuale e aumentata.* pg 67
- P. Fedele, C. Fedele. *BrainControl Avatar: a robotic alter ego for students with severe disabilities.* pg 71

Capitolo 2 – BYOD, Mobile e Mixed Learning

Full Paper

- F. Ravicchio, G. Robino, G. Trentin.
CPIAbot: un chatbot nell'insegnamento dell'Italiano L2 per stranieri • **Best Paper Award** pg 77
- A. Barana, F. Casasso, M. Marchisio. *BYOD per imparare l'algebra in maniera interattiva* pg 87
- A. Baratè, G. Haus, L.A. Ludovico, E. Pagani, N. Scarabottolo. *Scenari d'uso della tecnologia 5G per l'apprendimento dentro e fuori la scuola* pg 97
- M. Chiappini. *Aumentare l'apprendimento del lessico in Lingua Inglese e il coinvolgimento degli studenti attraverso UDL e Byod* pg 107
- P. Muoio. *un ambiente di apprendimento cloud per la didattica BYOD* pg 115
- M.C. Reyes, G. Trentin. *Un modello di Interactive MOOC per potenziare l'interattività e infrangere la sequenzialità* pg 125

Short Paper

- A. Giardi. *I dispositivi mobili rappresentano veramente un'opportunità per migliorare l'apprendimento?* pg 135
- P. Leone. *Smart pendulum.* pg 139
- P. Picerno, R. Pecori, P. Raviolo, P. Ducange. *Exergame e dispositivi wearable per la didattica esercitativa nei corsi di laurea on line in scienze delle attività motorie e sportive.* pg 143

Capitolo 3 – Coding, Robotica, Pensiero Computazionale e Problem Solving

Full Paper

- D. Consoli. *La metodologia aziendale Agile applicata al Coding* • **Best Paper Award** pg 149
- A. Barana, A. Conte, C. Fissore, F. Floris, M. Marchisio. *Analisi dei processi di pensiero computazionale alla base della creazione di grafici animati per il problem solving* pg 159
- R. Campagni, D. Merlini, M.C. Verri. *A data mining approach to study gender differences in scientific degrees courses* pg 169
- M. Corbato, A. Dattolo, M. Urizio. *Le app e il loro ruolo nella didattica e nell'apprendimento: un catalogo multimediale per conoscerle ed usarle* pg 179
- P. Cozza, A. Ledonne, P.F. Armentano. *I tre pirati e la cassaforte: il percorso STEAM* pg 189
- L. Denicolai, R. Grimaldi, S. Palmieri, S. Brignone, S. Ambrosio, V. Fabris. *Il robot come strumento e veicolo di "esperienza aumentata"* pg 199
- L. Forlizzi, G. Melideo, G. Rosa. *Industria 4.0, sviluppo delle competenze con didattica Project Based Learning* pg 209
- F. Maiorana. *"Low floor high ceiling" Computer Science: Riflessioni su un curriculum per un primo corso d'informatica* pg 219
- P. Schiavone, F. Labarile, A.T. Attollino. *PLS: "comunicare" la scienza* pg 229

Short Paper

- F. De Stefano, S. Schiavello. *Ambienti, linguaggi, piattaforme per il coding e la robotica educativa* pp 239
- M. Vincini, M. Neri, A. Zoboli. *Pensiero Computazionale: imparare facendo nella Scuola Primaria* pg 243

Capitolo 4 – Digitalizzazione, Innovazione Digitale e Sperimentazione

Full Paper

- A.M. Sugliano, M. Chiappini. *"Aumentare" la figura professionale del docente: il docente ricercatore* pg **249**
 • **Best Paper Award**
- F. Buccafurri, G. Lax, A. Russo. *Implementazione di un Protocollo di Firma Elettronica Avanzata basato su SPI* pg **257**
- C.G. Demartini, M. Marchisio. *PP&S e Riconessioni: "apprendere" e "fare" nel quadro della Trasformazione Digitale dell'Ecosistema Educativo* pg **267**
- G. Fenu, M. Marras. *Servizi Intelligenti per il Tracciamento e l'Elaborazione di Dati Multi-Biometrici in Piattaforme di Apprendimento Digitale* pg **277**
- L. Forlizzi, G. Melideo, G. Rosa, C. Scafa Urbaz Vilchez. *Dalla Proposta di Indicazioni Nazionali per l'insegnamento dell'Informatica ai Percorsi formativi: Strumenti Operativi per la Scuola Primaria* pg **287**
- P. Maresca, L. Stanganelli, V. de Francesco. *Intelligenza artificiale nella didattica universitaria: lo studio di un caso per la rilevazione delle discariche abusive nelle zone urbane di Genova* pg **297**
- S. Perna, A. Signa, M. Gentile, G. Città, V. Dal Grande, S. Ottaviano, D. La Guardia, M. Allegra. *Quando il gioco si fa serio: uManager* pg **307**
- D. Taibi, G. Fulantelli, L. Basteris, G. Rosso. *"In WWW veritas?" - i motori di ricerca come "filtri" della realtà - una sperimentazione in classe* pg **317**

Short Paper

- F.R. Albano, G. Modugno. *Formazione in realtà virtuale: il caso Magna Getrag* pg **327**
- G. Bassi, B. Lami. *Ludoteca del Registro .it: sicuri e consapevoli in Rete* pg **331**
- L. Manelli. *Il percorso obbligato della digitalizzazione della PA e la valorizzazione delle competenze interne* pg **335**

BYOD per imparare l'algebra in maniera interattiva

Alice Barana¹, Francesca Casasso¹ e Marina Marchisio¹

¹ Dipartimento di Matematica, Università di Torino, via Carlo Alberto 10, 10123 Torino, Italy
alice.barana@unito.it, francesca.casasso@edu.unito.it,
marina.marchisio@unito.it

Abstract. “Bring Your Own Device” (BYOD) è un modello tecnologico in cui gli studenti utilizzano in classe dispositivi propri; è utile per far fronte alla carenza di laboratori informatici nelle scuole, ma necessita di opportune metodologie didattiche per un utilizzo efficace. Questo articolo illustra un percorso didattico interattivo per l'introduzione al calcolo letterale per la classe terza secondaria di primo grado, progettato dall'Università di Torino e sperimentato in 4 classi (98 studenti) con un modello BYOD. I materiali sono stati realizzati secondo un modello di valutazione formativa automatica, che ha consentito di presentare l'algebra come linguaggio per la modellizzazione mettendo a confronto diversi registri di rappresentazione. I tentativi multipli e il feedback interattivo hanno consentito agli studenti di navigare autonomamente tra i contenuti e al docente di monitorare la situazione. I risultati delle attività in piattaforma, delle risposte ad un questionario e ad una verifica finale hanno permesso di studiare l'efficacia di queste metodologie per l'attivazione di una didattica individualizzata in un contesto di BYOD.

Keywords: Algebra, Bring Your Own Device, Didattica Individualizzata, Valutazione Formativa Automatica.

1 Introduzione

Le politiche educative a livello nazionale e internazionale da anni promuovono l'utilizzo delle tecnologie digitali nella scuola. Numerosi sono i progetti che incentivano l'integrazione di software e device nell'apprendimento di ogni disciplina per ogni grado di scolarizzazione, suggerendo metodi e pratiche di intervento. Sul piano reale, però, spesso ci si scontra con un'inadeguata dotazione tecnologica delle scuole, che molte volte non permette a tutti gli studenti l'accesso a computer durante le ore di lezione [1]. In molte scuole secondarie di primo grado, in seguito all'abolizione della figura del “tecnico di laboratorio”, il laboratorio informatico è stato smantellato, sostituito magari da computer portatili distribuiti nelle classi; quando invece presente, spesso non viene aggiornato e i dispositivi diventano obsoleti.

Se le scuole situate in contesti socialmente svantaggiati hanno più facilmente accesso a fondi con i quali migliorare e rinnovare la dotazione tecnologica, sono spesso le scuole con utenza particolarmente agiata ad avvertire la carenza di computer, Lavagne Interattive Multimediali (LIM) e connessione a internet. In tali contesti, tuttavia,

gli studenti hanno maggiori possibilità di accedere a computer o tablet a casa e hanno la possibilità di portarli a scuola.

L'idea del "Bring Your Own Device" (BYOD), cioè utilizzare in classe dispositivi portati dagli studenti, nasce in realtà in ambito aziendale, dove sta diventando una diffusa pratica di risparmio quella di permettere ai dipendenti di utilizzare il proprio computer portatile invece che fornirne uno aziendale. Rivisitata in ambito educativo, questa pratica consente di allestire aule informatizzate volanti durante le ore di lezione, consentendo agli studenti di utilizzare strumenti sono abituati ad utilizzare. Alberta Education definisce il BYOD come "*modello tecnologico in cui gli studenti portano un dispositivo personale a scuola ai fini dell'apprendimento. Un dispositivo personale è un qualunque dispositivo tecnologico portato a scuola e di proprietà dello studente (o della sua famiglia), di un docente o di un ospite*" [2]. Questa pratica consente di incrementare il coinvolgimento e la personalizzazione dell'apprendimento; tuttavia non è semplice per il docente organizzare le attività in classe: spesso si trova a dover dare istruzioni diverse per ogni tipo di dispositivo o deve far fronte a problemi diversi, perdendo tempo prezioso [3]. Le attività devono essere coerentemente strutturate e progettate secondo opportune metodologie per poter ottenere buoni risultati: sono necessari studio, ricerca e formazione dei docenti.

Questo articolo illustra un percorso didattico interattivo per l'apprendimento della matematica per la classe terza secondaria di primo grado, progettato dall'Università di Torino e sperimentato in 4 classi attraverso il BYOD. Il percorso riguarda il calcolo letterale, un tema molto delicato solitamente introdotto al termine della scuola secondaria di primo grado e fondamentale per la comprensione della matematica negli anni successivi. Nei paragrafi seguenti saranno discusse le metodologie adottate a supporto del BYOD e i risultati ottenuti nella sperimentazione, al fine di fornire ai docenti e ai ricercatori spunti per la creazione e condivisione di buone pratiche didattiche.

2 Stato dell'arte

2.1 L'apprendimento dell'algebra nella scuola secondaria di primo grado

In Italia l'algebra viene tradizionalmente introdotta alla fine della scuola secondaria di primo grado, quando spesso si dedicano mesi interi alle operazioni con monomi e polinomi, risolvendo pagine e pagine di esercizi tecnici che molti libri di testo propongono. Tuttavia, se leggiamo con attenzione le Indicazioni Nazionali per il primo ciclo di istruzione, troviamo un unico brevissimo riferimento al calcolo letterale tra gli obiettivi di apprendimento al termine della scuola secondaria di primo grado: "*interpretare, costruire e trasformare formule che contengono lettere per esprimere in forma generale relazioni e proprietà*" [4]. Questo obiettivo è descritto nell'ambito "Relazioni e funzioni" e non nell'ambito "Numeri", che include gli obiettivi relativi alle tecniche di calcolo, come frazioni, potenze e proprietà delle operazioni: si suggerisce quindi di introdurre le formule e le lettere non per risolvere espressioni numeriche, ma per generalizzare relazioni e costruire modelli. In realtà il suggerimento di evitare di presentare l'algebra modo esclusivamente tecnico e mnemonico non è una novità del 2012, ma si ritrova già nei Programmi Ministeriali del 1979, in cui non si

menziona l'algebra dei polinomi ma si trova scritto che *“il calcolo letterale avulso da riferimenti concreti non [dovrà] avere valore preponderante nell'insegnamento e tanto meno nella valutazione”*[5].

Passare dall'aritmetica all'algebra non è semplice, sia dal punto di vista dell'insegnante sia da quello dello studente. Ma l'eccessiva enfasi su tecnicismi e regole mnemoniche generalmente comporta una progressiva perdita di interesse per la matematica da parte degli studenti, che si traduce in un'alta percentuale di debiti formativi nei primi anni delle scuole secondarie di secondo grado. Dovrebbe essere invece favorito un approccio all'algebra come linguaggio per la matematizzazione e per la modellizzazione [6]. Annalisa Cusi, Nicolina Malara e Giancarlo Navarra sostengono che l'insegnamento dell'algebra dovrebbe avvenire analogamente a quello delle lingue naturali, focalizzandosi sugli aspetti semantici e sulle relazioni tra gli oggetti, lavorando sulla traduzione dal linguaggio algebrico a quello naturale e viceversa. Bisognerebbe concentrarsi più sull'interpretazione di un problema algebrico e sulla sua rappresentazione, che sulla sua soluzione per trovare un risultato [7]. Le forme con cui gli oggetti matematici, e nel nostro caso gli oggetti algebrici, possono essere rappresentati sono molteplici e variano dal linguaggio naturale ai numeri, alle formule e ai simboli, dalle figure geometriche ai grafici. Sono diversi registri di rappresentazione, ognuno dei quali consente di esprimere significati secondo regole sintattiche diverse, ed è importante che gli studenti imparino a tradurre i concetti da un registro all'altro per comprendere il significato degli oggetti che si studiano [8].

2.2 Insegnamento adattivo e nuove tecnologie

Le classi italiane, in particolar modo nel primo ciclo di istruzione, sono miste e variegate: gli studenti sono di culture e nazionalità diverse, ognuno con bisogni educativi specifici, stili e livelli di apprendimento diversi, tempi ed esigenze differenti. Studi recenti nel campo della didattica stabiliscono che ad ogni studente dovrebbe essere assicurata la possibilità di imparare secondo metodi a lui più consoni perché possa raggiungere il successo scolastico. Si parla di *“individualizzazione della didattica”*, un modello che consiste nell'offrire a tutti la possibilità di raggiungere obiettivi comuni seguendo ciascuno una strada diversa, utilizzando materiali adatti ai propri stili cognitivi, tempi adeguati all'assimilazione di concetti, strategie diversificate e personalizzate [9]. La didattica individualizzata si fonda sulla valutazione formativa, che fornisce agli studenti e ai docenti informazioni sulle esigenze specifiche e sul progresso di ognuno. Questa è agevolata dall'utilizzo di tecnologie per l'apprendimento, in particolare dalle tecnologie adattive, che sono in grado di adattare il percorso didattico alle esigenze degli studenti e di fornire un feedback immediato, riducendo i tempi di decisione della strategia da adottare [10]. Nell'apprendimento della matematica, e in particolare dell'algebra, la personalizzazione dell'apprendimento si attua quando gli studenti hanno la possibilità di ragionare con i propri tempi utilizzando i registri di rappresentazione che preferiscono, o ritengono più idonei, per visualizzare, rappresentare e risolvere un problema. La difficoltà maggiore nella realizzazione di strategie di apprendimento individualizzate si ritrova nell'organizzazione e nel controllo delle attività, che devono essere monitorate con attenzione dal docente.

2.3 Valutazione formativa automatica e feedback interattivo

Tra le tecnologie educative che maggiormente facilitano la didattica individualizzata si possono menzionare gli ambienti virtuali di apprendimento integrati con sistemi di valutazione automatica. Il Dipartimento di Matematica dell'Università di Torino, in particolare, adotta un sistema di valutazione automatica particolarmente adatto alla matematica, Moebius Assessment, integrato nella piattaforma Moodle, con la quale sono erogati non solo corsi universitari ma anche piattaforme interattive per docenti e studenti [11]. I quiz interattivi risultano particolarmente efficaci per l'apprendimento delle discipline scientifiche quando sono creati secondo il modello di valutazione formativa automatica sviluppato dal Dipartimento [12], che contempla:

- materiali sempre accessibili, con tentativi multipli di risposta ad ogni domanda in caso di errore e infiniti tentativi disponibili per ogni quiz;
- domande algoritmiche, in cui ad ogni tentativo appaiono dati, formule e grafici diversi, in modo che gli studenti debbano ripetere i processi, non i risultati;
- risposte aperte, non solo a risposta multipla, per attivare diversi processi cognitivi;
- feedback immediati, forniti quando lo studente è ancora concentrato sul compito e in tempo utile al docente per monitorare l'apprendimento;
- feedback interattivi, attivati quando lo studente sbaglia una risposta dopo un numero massimo di tentativi: viene proposto un percorso interattivo che accompagna lo studente in una corretta risoluzione passo a passo del problema;
- domande contestualizzate nella realtà, in altre discipline o in contesti rilevanti, che consentono agli studenti di associare un significato concreto agli oggetti astratti.

3 Metodologia

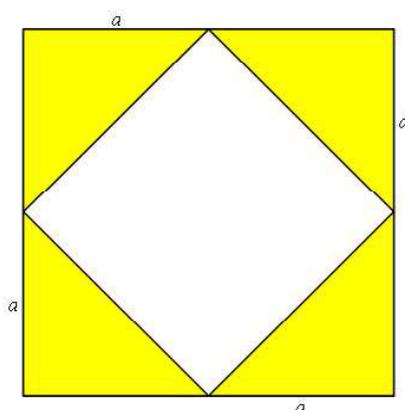
In questo contributo vogliamo provare a rispondere alle seguenti domande di ricerca: l'utilizzo della valutazione formativa automatica con tecnologie adattive consente di attivare strategie di didattica individualizzata per l'apprendimento dell'algebra nella scuola secondaria di primo grado? Queste metodologie possono supportare l'attivazione di un modello di BYOD?

3.1 Un percorso interattivo per l'introduzione al calcolo letterale

Per rispondere alla domanda di ricerca, è stato progettato un percorso didattico interattivo per l'introduzione al calcolo letterale nella scuola secondaria di primo grado. Il percorso è stato realizzato con Moebius Assessment integrato in una piattaforma Moodle. Il percorso è costituito da una serie di richieste, sviluppate secondo il modello di valutazione formativa automatica presentato precedentemente per proporre un approccio geometrico all'algebra, sfruttando le conoscenze di cui gli studenti dell'ultimo anno della scuola secondaria di primo grado sono in possesso circa il calcolo dell'area di figure geometriche. Le domande si focalizzano sulla determinazione

e analisi della formula che esprime l'area di una figura, in cui la misura di un lato varia al variare di un parametro. La Fig. 1 mostra un esempio di domanda. Gli studenti possono scomporre e ricomporre la figura in modi diversi, riconducendola a figure geometriche note di cui conoscono una formula per calcolare l'area, come triangoli, quadrati e rettangoli. Confrontando formule apparentemente diverse, elaborate attraverso ragionamenti differenti, è possibile la loro equivalenza, introducendo in questo modo le trasformazioni proprie del registro algebrico. Per scrivere le formule è possibile utilizzare un campo di testo con un'anteprima simbolica, oppure un Equation Editor simbolico.

Osserva la seguente figura.



Scrivi la formula che esprime come varia l'area della parte colorata della figura al variare di a .

Usa * per la moltiplicazione, ^ per una potenza, ad esempio: $5 \times a^3$ oppure puoi cliccare sul simbolo Σ per utilizzare l'equation editor.

Puoi cliccare sull'icona P per visualizzare il grafico della formula che hai scritto.

Area =   

[Clicca su Verify per controllare la tua risposta e proseguire.](#)

Attempt 1 of 3

Verify

Fig. 1. Esempio di domanda del percorso interattivo. Gli studenti devono inserire la formula che esprime come varia l'area della figura al variare di a .

Altre domande chiedono, riferendosi alla stessa figura o a figure diverse, di scegliere tutte le formule corrette che esprimono l'area, di associare ad una determinata composizione geometrica la formula corrispondente e di effettuare il processo inverso, cioè disegnare una figura data una formula che ne esprime l'area. Un quesito particolarmente interessante propone un'esplorazione interattiva della figura geometrica al variare del valore del parametro, associato all'esplorazione del grafico della funzione dell'area (Fig. 2); agli studenti viene chiesto di completare una tabella inserendo i valori dell'area della figura per determinati valori del parametro. Quest'attività con-

sente di mettere in relazione tra loro 4 registri di rappresentazione: geometrico, grafico, simbolico e numerico.

Scegli dallo slider un valore e osserva come varia l'area della figura e il suo grafico quando a varia tra 0 e 10!

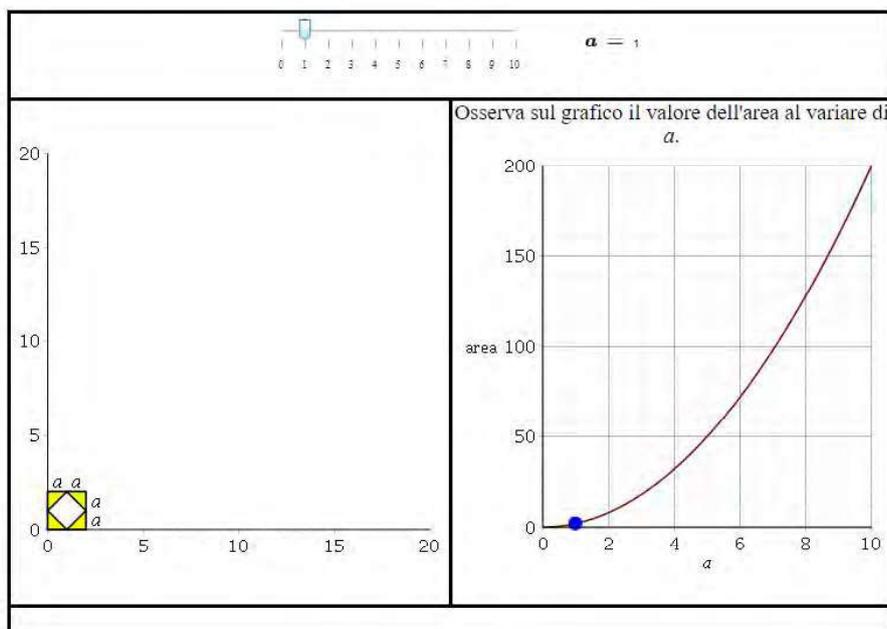


Fig. 2. Esempio di attività interattiva di esplorazione.

3.2 Sperimentazione del percorso interattivo

Il percorso interattivo è stato sperimentato nei primi mesi dell'anno scolastico 2018/2019 in 4 classi terze di 3 diverse scuole secondarie di primo grado di Torino, per un totale di 98 studenti e 4 docenti. In ogni classe sono stati effettuati due incontri della durata di due ore ciascuno, nei quali erano presenti una dottoranda e una tesista che gestivano e filmavano gli incontri, oltre al docente di matematica che supportava lo svolgimento della lezione. Le classi non avevano ancora trattato in modo sistematico il calcolo letterale, ma erano pronte per la sua introduzione. È stato scelto di far lavorare gli studenti a coppie, in modo che potessero aiutarsi tra di loro e che anche gli studenti più in difficoltà potessero partecipare attivamente con il sostegno dei compagni. Delle 4 scuole che hanno partecipato alla sperimentazione, solo una aveva la possibilità di accedere ad un'aula informatizzata, dove si sono svolti gli incontri.

Nelle altre 3 classi gli studenti hanno lavorato in modalità BYOD, con computer o tablet portati dagli studenti stessi, integrati con alcuni dispositivi della scuola, dei docenti o dei ricercatori per fare in modo che ogni coppia avesse almeno un dispositivo connesso a Internet, attraverso il quale accedere ai materiali con valutazione auto-

matica disponibili in una piattaforma. Gli studenti potevano navigare autonomamente nel percorso, passando da un'attività alla successiva ognuno con la propria velocità.

In tutte le domande avevano a disposizione fino a tre tentativi errati prima di accedere alla risposta corretta o al feedback interattivo. I materiali erano organizzati in modo che, per ogni sezione, ci fossero alcune attività ritenute “fondamentali”, che era importante che tutti gli studenti svolgessero per il raggiungimento degli obiettivi del percorso, e alcune domande di approfondimento, che potevano svolgere gli studenti più veloci quando avevano terminato la parte obbligatoria, e che poi venivano lasciate da completare per compito a casa a tutti gli studenti. I docenti e le ricercatrici, mentre gli studenti lavoravano guidati dalle attività interattive, potevano girare tra i banchi per monitorare gli studenti o aiutare i gruppi in difficoltà. Al termine di ogni sezione veniva richiamata l'attenzione di tutti per discutere delle problematiche riscontrate dai vari gruppi e confrontare risoluzioni diverse dello stesso problema.

Dopo i due incontri le classi hanno compilato un questionario sul gradimento delle metodologie proposte e hanno svolto alcuni esercizi di verifica, alcuni dei quali tratti da prove INVALSI per il grado 8 e 10 somministrate negli anni precedenti sulla costruzione e sull'interpretazione di formule.

4 Risultati e discussione

Per rispondere alla domanda di ricerca sono state analizzate le risposte date dagli studenti agli esercizi in piattaforma, al questionario finale e alle domande della verifica. Le risposte degli studenti alle domande in piattaforma sono state utili per capire in che modo la possibilità di lavorare autonomamente con i propri strumenti, seguendo i propri tempi invece che quelli stabiliti dal docente, abbia aiutato a comprendere meglio la costruzione e il significato di formule matematiche. A tal fine è molto interessante visualizzare come gli studenti hanno modificato le loro risposte inizialmente errate nei vari tentativi a loro disposizione. Si può vedere un esempio di ciò nella Fig. 3: inserita una risposta sbagliata, la piattaforma ha evidenziato l'errore e obbligato gli studenti a ragionare di più per individuarlo e correggerlo. Si vede come gli studenti si sono fermati davanti alla crocetta rossa proposta dal sistema, hanno discusso sull'errore e hanno capito come impostare e scrivere la formula. I tentativi multipli hanno permesso di conferire agli errori una valenza formativa e di considerarli come parte integrante del processo di apprendimento. Questo aiuta gli studenti ad avere meno paura di sbagliare e quindi meno paura di provare a rispondere. Si può notare inoltre come questi errori siano relativi alla costruzione della formula, alla “sintassi” della matematica: gli esercizi sviluppati sono proprio stati utili per ragionare sull'algebra come un linguaggio con la propria grammatica, aiutando gli studenti a comprendere cosa cambia se le parentesi sono in posizioni diverse, la differenza tra sommare e moltiplicare una lettera, l'ordine e l'effetto delle operazioni.

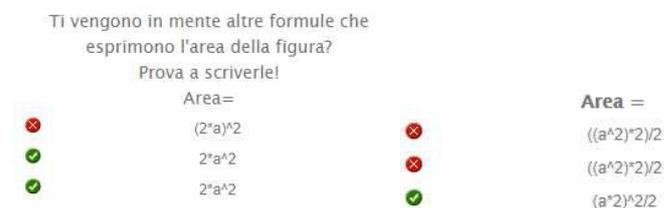


Fig. 3. Esempi di come gli studenti hanno modificato le loro risposte nei tentativi multipli.

Le risposte al questionario hanno confermato quanto l'organizzazione degli incontri in classe, le tecnologie e le metodologie adottate siano state efficaci per favorire l'apprendimento. Gli studenti sono rimasti concentrati per tutto il tempo, hanno gradito le attività e le hanno trovate utili per capire le formule matematiche. La Tabella 1 mostra le medie e le deviazioni standard delle risposte alle domande poste agli studenti nel questionario finale, espressa in scala Likert da 1 a 5.

Tabella 1. Risposte degli studenti al questionario finale, espresse in scala Likert da 1 a 5.

	Media	Deviazione standard
Le attività proposte sono state interessanti	4.14	0.85
Le attività proposte sono state comprensibili	3.86	0.91
Hai prestato attenzione durante le attività	4.14	0.85
È stato utile lavorare in gruppo	4.21	1.06
È stato utile discutere tutti insieme delle attività	4.37	0.98
Le attività proposte sono state utili per capire il significato delle formule matematiche	3.82	1.06
È stato utile utilizzare la piattaforma in classe	4.21	0.91
È stato facile utilizzare gli esercizi in piattaforma	3.75	1.11
È utile poter rivedere quanto svolto in classe da casa attraverso la piattaforma	3.91	1.13
È utile avere più tentativi per rispondere	4.35	0.93
È utile visualizzare la risposta corretta subito dopo aver risposto ad una domanda	4.42	0.94
Ti piacerebbe utilizzare la piattaforma per altri argomenti	4.05	1.07

Da questi risultati emerge chiaramente quanto gli studenti abbiano apprezzato l'aver tentativi multipli nel rispondere alle domande e un feedback immediato nello svolgimento degli esercizi. Molti studenti infatti hanno anche riportato queste considerazioni in risposta ad una domanda aperta del questionario che chiedeva quale aspetto avevano apprezzato maggiormente. Una studentessa, ad esempio, ha scritto: *“avere più possibilità per rispondere mi ha fatto riflettere di più”*. Altre risposte includono l'utilizzo della piattaforma in classe, l'immediatezza della valutazione, il lavoro in gruppo e la discussione collettiva per commentare le attività; ad esempio: *“ho apprezzato il fatto che dopo la spiegazione potessimo risolvere gli esercizi a casa e che ne discutessimo insieme in classe per capire i nostri errori e per confrontarci con i no-*

stri compagni”; “ho apprezzato il fatto che la piattaforma dava la risposta corretta, molto utile per capire gli errori”.

L'organizzazione del percorso, che permetteva ad ognuno di accedere con i propri tempi alle attività, è stata di supporto al modello di BYOD adottato. La differenza tra i dispositivi utilizzati dai ragazzi influiva nelle modalità di svolgimento del percorso: ad esempio con dispositivi touch come i tablet era più semplice inserire le formule utilizzando la sintassi testuale e vedere l'anteprima simbolica, mentre chi utilizzava il computer ha in generale trovato più semplice inserire le formule attraverso l'Equation Editor. Con l'organizzazione scelta, le docenti e le ricercatrici potevano girare tra i banchi dando istruzioni personalizzate e supportando chi ne aveva bisogno mentre il resto della classe procedeva autonomamente, ottimizzando notevolmente il tempo.

Le risposte alle domande della verifica finale hanno messo in luce come gli studenti abbiano compreso gli argomenti presentati. In particolare, abbiamo analizzato le percentuali di risposta corretta di due delle domande della verifica, per le quali abbiamo un confronto con il campione nazionale INVALSI. Il 60% degli studenti che ha partecipato alla sperimentazione ha risposto correttamente ad una domanda che chiedeva di scrivere la formula del perimetro di una figura al variare di un parametro: la stessa domanda era stata proposta nel test INVALSI 2017/2018 al grado 8 e aveva ottenuto il 27% di risposta corretta, classificandosi tra le più difficili. Sempre il 60% ha risposto correttamente ad una domanda che chiedeva di tradurre una formula dal linguaggio naturale al linguaggio simbolico; la domanda era stata proposta in una prova INVALSI al grado 10 ottenendo la stessa percentuale di risposta corretta, ma in un momento in cui questi argomenti dovrebbero essere dati per assodati, mentre per gli studenti che hanno partecipato alla sperimentazione erano appena stati introdotti.

5 Conclusioni

Il percorso didattico progettato e sperimentato ha messo in luce come materiali digitali interattivi costruiti secondo il modello di valutazione formativa automatica possono supportare una didattica individualizzata. I feedback immediati e interattivi consentono agli studenti di proseguire con i loro tempi ricevendo le informazioni necessarie per proseguire nel percorso; l'accessibilità e i tentativi multipli incoraggiano il ragionamento e la persistenza di fronte all'errore, che così può diventare fonte di apprendimento. Inoltre la natura algoritmica delle domande e la valutazione automatica di risposte aperte consente di attivare diversi processi cognitivi, di riflettere in vari registri di rappresentazione e di passare da uno all'altro mantenendo il significato degli oggetti rappresentati. Utilizzato in classe, questo modello supporta il BYOD: gli studenti procedono autonomamente e il docente può offrire un aiuto individualizzato, adattato alle esigenze di apprendimento degli studenti e ai diversi dispositivi adottati dalla classe.

Benchè questa ricerca sia stata effettuata su un campione non rappresentativo di studenti e in assenza di un campione di controllo per l'analisi dei risultati, essa getta le basi per nuovi studi più approfonditi sui diversi temi che emergono. È possibile costruire simili percorsi interattivi per argomenti diversi, o anche per materie diverse

dalla matematica. Questi materiali sono stati messi a disposizione di tutti i docenti che partecipano al Progetto Problem Posing and Solving [13], che potranno riutilizzarli e adattarli alle proprie esigenze.

Riferimenti bibliografici

1. MIUR - Servizio Statistico: Focus “Le dotazioni multimediali per la didattica nelle scuole.” (2015).
2. Alberta, Alberta Education: Bring your own device: a guide for schools. Alberta Education, Edmonton (2012).
3. Parsons, D., Adhikari, J.: Bring Your Own Device to Secondary School: The Perceptions of Teachers, Students and Parents. *The Electronic Journal of e-Learning*. 14, 66–80 (2016).
4. MIUR: Indicazioni Nazionali per il curriculum della scuola dell’infanzia e del primo ciclo d’istruzione. (2012).
5. Ministero della Pubblica Istruzione: Decreto Ministeriale 9 febbraio 1979: Programmi, orari di insegnamento e prove di esame per la scuola media statale. (1979).
6. Malara, N.A.: Il pensiero algebrico: come promuoverlo sin dalla scuola dell’obbligo limitandone le difficoltà? *L’educazione matematica*. 17, 80–99 (1996).
7. Cusi, A., Malara, N.A., Navarra, G.: Early Algebra: Theoretical Issues and Educational Strategies for Bringing the Teachers to Promote a Linguistic and Metacognitive approach to it. In: *Early Algebraization: Cognitive, Curricular, and Instructional Perspectives*. pp. 483–510. Berlin-Heidelberg: Springer (2011).
8. Duval, R.: Representation, Vision and Visualization: Cognitive Functions in Mathematical Thinking. *Proceedings of the Annual Meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*.
9. Tomlinson, C.A., Tomlinson, C.A.: *How to Differentiate Instruction in Mixed-Ability Classrooms*. Association for Supervision & Curriculum Development, Alexandria: (2005).
10. Barana, A., Fioravera, M., Marchisio, M., Rabellino, S.: Adaptive Teaching Supported by ICTs to Reduce the School Failure in the Project “Scuola Dei Compiti.” In: *Proceedings of 2017 IEEE 41st Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC)*. pp. 432–437. (2017). <https://doi.org/10.1109/COMPSAC.2017.44>.
11. Barana, A., Marchisio, M., Rabellino, S.: Automated Assessment in Mathematics. In: *Proceedings of 2015 IEEE 39th Annual Computer Software and Applications Conference*. pp. 670–671. (2015). <https://doi.org/10.1109/COMPSAC.2015.105>.
12. Barana, A., Conte, A., Fioravera, M., Marchisio, M., Rabellino, S.: A Model of Formative Automatic Assessment and Interactive Feedback for STEM. In: *Proceedings of 2018 IEEE 42nd Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC)*. pp. 1016–1025. (2018). <https://doi.org/10.1109/COMPSAC.2018.00178>.
13. Brancaccio, A., Marchisio, M., Palumbo, C., Pardini, C., Patrucco, A., Zich, R.: Problem Posing and Solving: Strategic Italian Key Action to Enhance Teaching and Learning Mathematics and Informatics in the High School. In: *Proceedings of 2015 IEEE 39th Annual Computer Software and Applications Conference*. pp. 845–850. (2015). <https://doi.org/10.1109/COMPSAC.2015.126>.