

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 Vivanet, 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:





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**

Analisi dei processi di pensiero computazionale alla base della creazione di grafici animati per il problem solving

Alice Barana¹, Alberto Conte¹, Cecilia Fissore¹, Francesco Floris¹, Marina Marchisio¹

¹ Dipartimento di Matematica, Università di Torino, Italia
{alice.barana, alberto.conte, cecilia.fissore, francesco.floris, marina.marchisio}@unito.it

Abstract. Tra le competenze chiave di cui tutti gli individui hanno bisogno per la realizzazione professionale, lo sviluppo personale, la cittadinanza attiva, l'inclusione sociale e l'occupazione sono presenti il problem solving e il pensiero computazionale. In matematica, nelle attività di risoluzione di problemi contestualizzati mediante l'utilizzo di un Ambiente di Calcolo Evoluto (ACE), le differenze tra queste due competenze si assottigliano. Un aspetto molto importante di un ACE per la risoluzione dei problemi è la programmazione di grafici animati che permettono di creare un'animazione di un grafico attraverso la generalizzazione di un grafico statico, scegliendo il parametro da far variare e l'intervallo di variazione dello stesso. L'obiettivo di questa ricerca è analizzare i processi di pensiero computazionale alla base della creazione di grafici animati per la risoluzione di un problema contestualizzato. A tal fine sono state selezionate e analizzate alcune risoluzioni di problemi svolte da studenti di classe quarta delle scuole secondarie di secondo grado. Vengono mostrati alcuni esempi in cui sono emersi processi di pensiero computazionale diversi, che riflettono strategie risolutive e processi di generalizzazioni differenti. Dall'analisi è emerso che nella creazione dei grafici animati vengono attivati tutti i processi alla base delle strategie mentali del pensiero computazionale utili per risolvere problemi.

Keywords: Ambiente di Calcolo Evoluto, Grafici animati, Pensiero Computazionale, Problem Solving.

1 Introduzione

Secondo le raccomandazioni del Consiglio dell'Unione Europea del 22 maggio 2018 [1] tra le otto competenze chiave per l'apprendimento permanente per conseguire progressi e successi vi sono la competenza matematica, definita come la "capacità di sviluppare e applicare il pensiero e la comprensione matematici per risolvere una serie di problemi in situazioni quotidiane" e la competenza digitale che "presuppone l'interesse per le tecnologie digitali e il loro utilizzo con dimestichezza e spirito critico e responsabile". Le competenze chiave sono collegate allo sviluppo di capacità quali: la capacità di risoluzione di problemi, il pensiero critico, la capacità di cooperare, la creatività e il pensiero computazionale. Esse sono alla base di tutte le competenze chiave e consentono di sfruttare in tempo reale ciò che si è appreso, al fine di sviluppare nuove idee, nuove teorie e nuove conoscenze [1].

Il problem solving è un aspetto importante dell'insegnamento e dell'apprendimento della matematica, presente in tutti i curricula matematici [2]. Negli ultimi anni l'uso delle tecnologie digitali nelle attività di problem solving ha consentito una preziosa varietà di rappresentazione ed esplorazione dei compiti matematici [3] offrendo l'opportunità di estendere i modi di ragionare sulle strategie coinvolte nella risoluzione dei problemi [4]. Una delle tecnologie utilizzate per attività di problem solving è un Ambiente di Calcolo Evoluto (ACE) che consente di eseguire calcoli numerici e simbolici, creare rappresentazioni grafiche (statiche e animate) in 2 e 3 dimensioni, scrivere procedure in un linguaggio semplice, programmare e collegare tutti i diversi registri di rappresentazione in un unico foglio di lavoro utilizzando anche il linguaggio verbale [5]. Un aspetto molto importante di un ACE per la risoluzione dei problemi è la progettazione e la programmazione di grafici animati e componenti interattive. I primi permettono di creare un'animazione di un grafico al variare di un parametro, le seconde permettono di visualizzare come variano i risultati, eventualmente anche grafici, di un processo quando vengono modificati i parametri di input.

L'obiettivo di questa ricerca è analizzare i processi di pensiero computazionale alla base della creazione di grafici animati per la risoluzione, attraverso l'utilizzo di un ACE, di un problema contestualizzato. A tal fine verranno analizzati alcuni esempi di risoluzioni di un problema contestualizzato svolte da studenti di classe quarte delle scuole secondarie di secondo grado.

2 Stato dell'arte

L'espressione "pensiero computazionale" (in inglese "computational thinking") è stata resa popolare da un articolo di Jeannette Wing [6] in cui l'autrice sostiene l'importanza di insegnare i concetti fondamentali dell'Informatica nella scuola, possibilmente fin dalle prime classi. Ancora oggi la didattica dell'Informatica, seppur frequentemente venga descritta come lo studio sistematico dei processi computazionali che descrivono e trasformano l'informazione, si riduce nella maggioranza dei casi all'uso dei computer (informatica di consumo) [7].

Inizialmente, Wing [6] non ha dato una definizione precisa del pensiero computazionale ma ne delinea le caratteristiche principali:

- un modo in cui gli esseri umani risolvono un problema;
- basato sul concettualizzare, e non sul programmare, a più livelli di astrazione;
- basato su idee, non artefatti;
- integrazione tra pensiero matematico e ingegneristico;
- per tutti, in tutto il mondo.

Lodi et al. [8] riflettono sul fatto che cercare una definizione operativa precisa e universalmente condivisa dell'espressione, tutt'ora non esistente, può creare confusione sull'argomento, portando in primo luogo a considerare erroneamente il pensiero computazionale come un nuovo soggetto di insegnamento, concettualmente distinto dall'informatica. Gli autori ritengono più importante utilizzare l'espressione come un

modo abbreviato di riferirsi ad un concetto ben strutturato, nucleo fondante dell'Informatica. Nell'articolo descrivono quindi il pensiero computazionale come un processo mentale (o più in generale un modo di pensare) per risolvere problemi (problem solving) e ne definiscono gli elementi costitutivi: strategie mentali, metodi, pratiche e competenze trasversali. Per quanto riguarda le strategie mentali utili per risolvere problemi, gli autori descrivono i seguenti processi mentali:

- pensiero algoritmico: usare il pensiero algoritmico per progettare una sequenza ordinata di passi (istruzioni) per risolvere un problema;
- pensiero logico: usare la logica e il ragionamento per stabilire e controllare i fatti;
- scomposizione di problemi: dividere e modularizzare un problema complesso in semplici sotto-problemi, risolubili in modo più semplice;
- astrazione: liberarsi dei dettagli inutili per concentrarsi sulle idee rilevanti;
- riconoscimento di pattern: individuare regolarità/schemi ricorrenti nei dati e nei problemi;
- generalizzazione: usare le regolarità riconosciute per fare previsioni o per risolvere problemi più generali.

Queste strategie mentali richiamano in molti aspetti le fasi di un'attività di problem solving nella didattica, ad esempio, della Matematica: comprensione del problema, ideazione del modello matematico, risoluzione del modello e interpretazione della soluzione ottenuta [9]. Ciò che distingue il pensiero computazionale dal problem solving è il cambiamento di paradigma concettuale costituito dal passaggio dal risolvere i problemi al far risolvere i problemi [8]. Il primo infatti non riguarda una generica risoluzione di problemi: la formulazione del problema e della soluzione devono essere espresse, scrivendo un algoritmo in un linguaggio opportuno, in modo che un "agente che elabora informazioni" (essere umano o macchina) possa comprendere, interpretare ed eseguire le istruzioni che le vengono fornite. Questa differenza a nostro parere si assottiglia quando vengono proposte attività di problem solving attraverso l'utilizzo di tecnologie e in particolare di ACE. In questo caso, a partire dal pensiero mentale, lo studente deve scegliere come impostare il procedimento risolutivo tra le molteplici modalità possibili (parole, grafici, conti numerici o simbolici, procedure, cicli, etc.) e allo stesso tempo scrivere un algoritmo in un linguaggio opportuno, in modo che l'ACE elabori le informazioni e restituisca un risultato.

In questa ricerca vogliamo concentrarci sulla creazione di grafici animati che comportano la generalizzazione di un grafico statico scegliendo il parametro da far variare e l'intervallo di variazione dello stesso.

Secondo Malara [10], il termine "processo di generalizzazione" comprende "una serie di atti di pensiero che portano un soggetto a riconoscere, esaminando casi singoli, l'occorrenza di elementi caratteristici comuni; a spostare l'attenzione dai singoli casi alla totalità dei casi possibili ed ad estendere a tale totalità i caratteri comuni individuati". Le azioni principali alla base di questo processo sono la riconoscenza di pattern, l'individuazione di somiglianze e il collegamento tra aspetti analoghi. Esse portano il soggetto a considerare, invece di un singolo caso, tutti i casi possibili e ad estendere e adattare il modello individuato. Questa definizione non è così distante dai processi mentali del pensiero computazionale di riconoscimento di pattern e generalizzazione che

abbiamo citato in precedenza. Riguardo al processo di generalizzazione, l'autrice si sofferma su una riflessione di Dörfler [11] che considera cruciale la rappresentazione del processo "attraverso l'uso di oggetti percepibili, come segni scritti, di elementi caratteristici e stage, di passi e risultati delle azioni". In questo modo si genera un protocollo di azioni che permette una ricostruzione e concettualizzazione cognitiva del processo stesso.

3 Creazione di grafici animati con un ACE

La creazione di un grafico animato con un ACE, e in particolare con l'ACE Maple¹, avviene attraverso l'utilizzo del comando "animate" che crea l'animazione di un grafico in 2 o 3 dimensioni al variare di un parametro. Per utilizzare il comando si utilizza la seguente sintassi:

animate(plotcommand, plotargs, t=a..b, options)

dove:

- *plotcommand*: un comando o una procedura Maple che genera un grafico 2D o 3D
- *plotargs*: lista di argomenti del *plotcommand*
- *t*: nome del parametro utilizzato nell'animazione
- *a, b*: estremi dell'intervallo di variazione del parametro

Supponiamo, ad esempio, di voler creare un'animazione per visualizzare come varia la concavità di una parabola con vertice nell'origine nel piano cartesiano. Prima di tutto creiamo il grafico statico di una determinata parabola, ad esempio $y = 3x^2$, attraverso il seguente comando:

plot(3x², x=-15..15, color=blue)

Dando invio al comando si ottiene in output il seguente grafico:

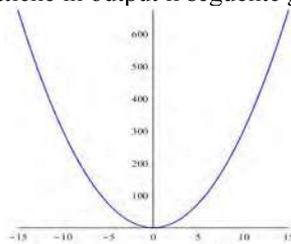


Fig. 1. Grafico statico della parabola $y = 3x^2$

In questo modo vediamo che la concavità della parabola è positiva. Lo stesso procedimento possiamo farlo per disegnare la parabola $y = -3x^2$, disegnando così una parabola con la concavità rivolta verso il basso. Supponiamo ora di voler visualizzare come varia con continuità la concavità della parabola tra la prima e la seconda situazione attraverso un'animazione. Utilizziamo quindi il comando *animate*, tenendo conto che nel comando (1) il *plotcommand* è *plot* e tutto quello che è presente all'interno delle parentesi tonde è il *plotargs*. All'interno del comando *animate* il *plotargs* non può

¹ <https://www.maplesoft.com/>

essere lo stesso del grafico statico ma è necessario generalizzarlo riconoscendo pattern comuni tra i grafici della prima e seconda situazione che vogliamo unire in un unico comando. In particolare, scegliamo il parametro da far variare, in questo caso il coefficiente di x^2 , e l'intervallo in cui farlo variare, in questo caso l'intervallo dei numeri reali compresi tra 3 e -3. Otteniamo quindi il seguente comando:

```
animate(plot, [a * x^2, x = -15..15, color = blue], a = 3..-3)
```

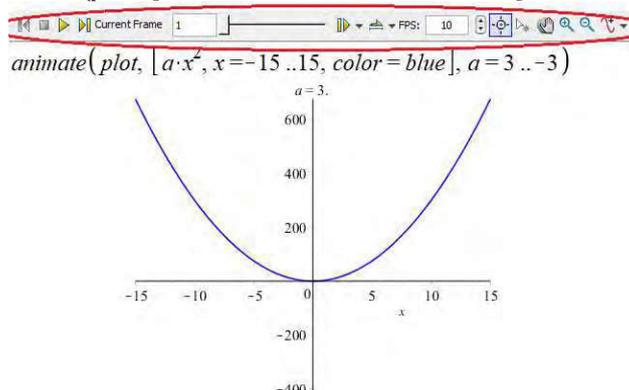


Fig. 2. Grafico animato della parabola $y = a \cdot x^2$, con a che varia da 3 a -3

In questo modo abbiamo creato l'animazione desiderata (Fig. 2) avendo un feedback immediato del risultato della generalizzazione che abbiamo effettuato. Un ulteriore aspetto dell'utilizzo di un ACE consiste nel fatto che attraverso uno specifico linguaggio di programmazione è possibile definire nuovi comandi, chiamati "procedure". All'interno del comando animate è possibile generalizzare una qualsiasi procedura che restituisca in output un grafico in due o tre dimensioni.

Alla luce del quadro teorico studiato, riteniamo che la creazione dell'animazione di un grafico utilizzando un ACE sia un processo di pensiero computazionale e la visualizzazione immediata in output del risultato della generalizzazione effettuata possa aiutare fortemente gli studenti nello sviluppo di questa competenza.

4 Metodologia

Per analizzare i processi di pensiero computazionale alla base della creazione di grafici animati abbiamo analizzato la risoluzione, mediante l'utilizzo di un ACE, di un problema contestualizzato effettuata da studenti di classe quarta di diverse scuole secondarie di secondo grado di Piemonte, Valle d'Aosta e delle province di Messina, Reggio Calabria e Verona nell'ambito del Progetto Digital Math Training [12, 13].

Il problema, intitolato "Coccinella", parla di una coccinella posata sulla ruota posteriore di una bicicletta, sulla parte del cerchione più vicina al terreno. Pensando alla ruota della bici come una circonferenza centrata nell'origine, la posizione della coccinella corrisponde all'angolo di ampiezza $\frac{3}{2}\pi$. Le ruote della bici hanno diametro totale (in-

clusa la camera d'aria) pari a 60 centimetri, mentre la camera d'aria è spessa 4 centimetri. La richiesta del problema sulla quale ci vogliamo focalizzare riguarda la traiettoria percorsa dalla coccinella in un chilometro, immaginando che non si sia mai mossa. La traiettoria compiuta dalla coccinella è data dalla combinazione di 2 moti: quello circolare della ruota e quello rettilineo della bici. Essa è quindi rappresentata da una cicloide, il cui grafico si può certamente considerare una risposta corretta alla richiesta del problema. Tuttavia, il grafico statico non mostra come si sia arrivati a quel risultato e il procedimento effettuato per arrivare alla soluzione. Invece attraverso un grafico animato è possibile visualizzare il moto della ruota e la traiettoria percorsa dalla coccinella durante il moto stesso. Inoltre, è possibile tenere traccia dei frames dell'animazione e in questo modo viene tracciata direttamente la traiettoria cercata.

Per la nostra ricerca abbiamo visionato 80 soluzioni proposte da altrettanti studenti, tra le quali abbiamo selezionato e analizzato le 16 in cui è stata utilizzata un'animazione per visualizzare la traiettoria della coccinella.

5 Risultati

In tutte le 16 soluzioni analizzate in cui è stata utilizzata un'animazione si evidenzia l'utilizzo del pensiero algoritmico per costruire il grafico animato come risultato di una sequenza ordinata di comandi. Tuttavia, sono emersi anche processi di pensiero computazionale diversi, in alcuni casi vincenti e in altri meno, che riflettono strategie risolutive differenti. Abbiamo classificato le soluzioni analizzate in quattro categorie:

1. animazione come creazione di una curva punto per punto (2 soluzioni);
2. animazione come verifica del risultato ottenuto (3 soluzioni);
3. animazione come unione di animazioni (5 soluzioni);
4. animazione di una procedura (1 soluzione);
5. animazioni con procedimenti errati (5 soluzioni).

Sebbene le soluzioni classificate all'interno di una stessa categoria non siano identiche, esse mostrano analoghi processi di pensiero computazionale (presentati nel quadro teorico). Per ogni categoria sopracitata verrà quindi presentato un esempio di risoluzione paradigmatico.

Nelle soluzioni della prima categoria, il grafico della cicloide è stato ottenuto attraverso il comando *animatecurve* che serve a creare l'animazione del disegno di una curva in 2 dimensioni, dando in input le equazioni parametriche della curva che definiscono le coordinate dei suoi punti al variare di un parametro. La sintassi utilizzata in questo esempio è stata la seguente:

```
animatecurve([30 sin(t) + 30 t, 30 + 30 cos(t), t = 0 .. 10 Pi], color = black, frames = 100, thickness = 2, title = "Moto della coccinella sul cerchione")
```

In output è stato ottenuto il seguente grafico che rappresenta la creazione della curva punto per punto:

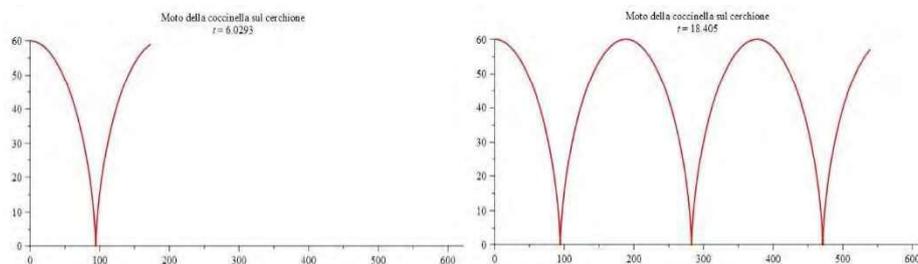


Fig. 3. Esempio di animazione come creazione di una curva punto per punto.

Per ricavare le equazioni parametriche della curva sono stati studiati i moti di traslazione e rotazione della ruota, utilizzando il processo mentale della scomposizione di problemi. Dopodiché è stato utilizzato il processo di generalizzazione e astrazione per unire i due moti e ottenere, con il comando *animate*, la traiettoria della coccinella calcolando la sua posizione puntuale al variare del tempo.

La generalizzazione e l'utilizzo del comando in questo caso sono stati effettuati correttamente, ma non è corretto il procedimento risolutivo perché è stato considerato un errato punto di partenza.

Nella seconda categoria abbiamo incluso le soluzioni in cui è stato ricavato il grafico statico della cicloide e poi è stato animato un punto che si muove su di essa. Nell'esempio che presentiamo, il grafico della cicloide è stato ottenuto utilizzando la forma parametrica della curva con il seguente comando:

```
graf:=plot([0.3(t-sin(t)),0.3(1-cos(t)), t = 0 .. 8Pi], color = black)
```

Il comando per creare l'animazione è il seguente:

```
animate(pointplot, [[0.3 (t-sin(t)), 0.3(1-cos(t))], color = red, symbol = solidcircle, legend = "coccinella"], t = 0 .. 8Pi, frames = 50, background = graf)
```

Si ottiene l'animazione rappresentata nella seguente figura:

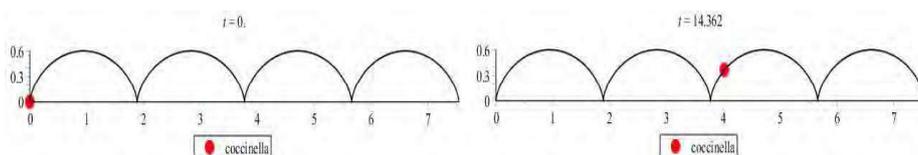


Fig. 4. Esempio di animazione come verifica del grafico statico ottenuto

Questo procedimento è stato utilizzato per verificare il grafico statico ottenuto osservando direttamente come si muove la coccinella. In questo caso il processo di generalizzazione riguarda esclusivamente il grafico del punto e di conseguenza le sue coordinate. Il grafico della cicloide è stato utilizzato come sfondo dell'animazione. Il processo di astrazione è avvenuto in due fasi: nella prima fase è stata effettuata una generalizzazione per creare un comando statico (la curva parametrica), nella seconda fase è stata sfruttata la generalizzazione per creare l'animazione. Alla base della creazione di questa animazione c'è il processo logico per controllare la correttezza dei risultati precedentemente ottenuti.

La terza categoria riguarda le soluzioni in cui è stato presentato il grafico animato contenente: le due circonferenze per rappresentare la ruota, il centro della ruota, la coccinella e il raggio della bicicletta che unisce la coccinella al centro della ruota. Per farlo sono stati creati 5 grafici animati diversi e sono stati poi visualizzati in un'unica finestra grafica attraverso il comando *display*. Nel seguente esempio, sono stati prima definite le tre procedure *centro*, *coccinel*, *R* per rappresentare in modo statico rispettivamente la coccinella, il raggio e il centro della ruota. Dopodiché sono stati animati singolarmente i grafici di questi tre elementi e delle due circonferenze per rappresentare le ruote e infine sono stati unite tutte le animazioni in un unico grafico attraverso il seguente comando:

```
display({animate(R, [t], t=0 .. 8Pi, scaling = constrained, frames = 80),
animate(centro, [3t, 3], t = 0 .. 8Pi, frames=80), animate(implicitplot,
[x^2+y^2+9t^2-6tx-6y+2.24 = 0, x=0..80, y=0..8, color = black], t=0..8Pi, frames =
80), animate(implicitplot, [9t^2-6tx+x^2+y^2-6y = 0, x=0..80, y=0..10, color =
black], t=0 .. 8Pi, frames = 80), animate(coccinel, [3t-2.6sin(t), 3-2.6cos(t)], t =
0..8Pi, frames = 80, trace = 90000)}, labels = ["x (dm)", "y (dm)"])
```

In questo comando è stata utilizzata l'opzione *trace* per i grafici animati che permette di selezionare un insieme di fotogrammi da stampare mentre viene eseguita l'animazione, tenendone così traccia. L'output del comando è rappresentato nella seguente figura:

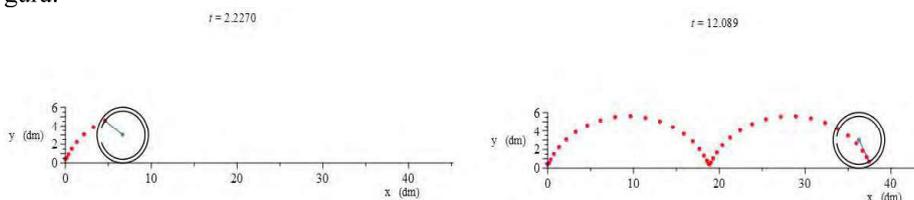


Fig. 5. Esempio di animazione come unione di animazioni

In questa strategia risolutiva, utilizzata dalla maggior parte degli studenti, per creare l'animazione è stato utilizzato il processo mentale della scomposizione di problemi: è stata divisa un'animazione complessa in diverse animazioni, risolvibili in modo più semplice. L'unione delle varie animazioni è stata possibile dal momento che sono state effettuate tutte in base allo stesso parametro con lo stesso intervallo di variazione, utilizzando il processo di riconoscimento di pattern e di generalizzazione.

L'ultima soluzione analizzata, anche se dal punto di vista matematico non del tutto corretta, è molto interessante dal punto di vista del pensiero computazionale messo in atto per realizzarla. Essa consiste nella creazione di un'animazione in cui sulla sinistra del grafico viene rappresentata la coccinella che si muove lungo la ruota e sulla destra viene rappresentata la traiettoria, tracciata punto per punto con un segmento (Fig 7). Per creare il grafico, diversamente dall'esempio precedente, non sono state unite diverse animazioni bensì è stata definita una procedura per unire diversi comandi grafici al variare dello stesso parametro, ed è stata poi animata. La procedura definita è la seguente:

```

F := proc (t) plots[display](plottools[line]([-2, 0], [sin(t)-2, -cos(t)], color = blue),
    plottools[line]([sin(t)-2, -cos(t)], [t, abs(2sin((1/2)t))], color = blue),
    plot(abs(2sin((1/2)x)), x = 0 .. t, color = "Green", legend = ["Traiettoria"])) end proc

```

Questa procedura, dato in input il valore del parametro t , restituisce il grafico statico del raggio della ruota, il grafico della curva da 0 fino a t e il segmento che unisce la posizione della coccinella sulla ruota a quella sulla traiettoria. Ad esempio, per il valore $t=3,14$ si ottiene il seguente grafico:

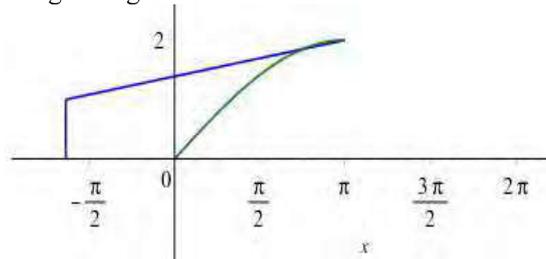


Fig. 6. Grafico statico per la costruzione dell'animazione di una procedura

Dopodiché è stato utilizzato il comando `animate` per animare la procedura al variare del parametro di input, aggiungendo come sfondo il grafico statico della circonferenza che rappresenta la ruota. Il risultato è rappresentato nella seguente figura:

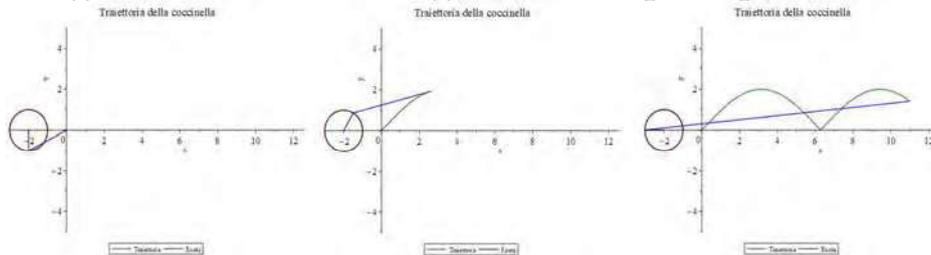


Fig. 7. Esempio di animazione di una procedura

La strategia risolutiva utilizzata è diversa da quella dall'esempio precedente perché invece di unire animazioni differenti in un unico grafico animato, l'animazione è come se venisse creata come una sequenza ravvicinata di diverse istantanee dello stesso moto. Dal punto di vista del pensiero computazionale questo richiede un processo di astrazione maggiore in quanto il processo di generalizzazione attraverso il riconoscimento di pattern viene effettuato due volte: una per definire la procedura e una per animarla.

Le restanti 5 soluzioni analizzate contenevano animazioni errate per diversi aspetti: l'utilizzo del comando (errato processo di generalizzazione), la scala scelta per visualizzare il grafico (errato processo logico) o la contestualizzazione del grafico (visualizzato nel semiasse negativo delle ordinate, frutto di un errato processo di astrazione). Questo conferma che tutti gli aspetti del pensiero computazionale, così come del problem solving, sono fondamentali.

6 Conclusioni

I risultati mostrano alcuni esempi di processi di pensiero computazionale nella creazione di grafici animati per la risoluzione di un problema contestualizzato attraverso l'utilizzo di un ACE. Analizzando le animazioni create per ricavare la traiettoria della coccinella sono emersi quattro processi di pensiero computazionale diversi, che riflettono strategie risolutive e processi di generalizzazioni differenti. Dai risultati è emerso che nella creazione dei grafici animati vengono attivati tutti i processi alla base delle strategie mentali del pensiero computazionale utili per risolvere problemi. È auspicabile quindi, anche per la loro componente ludica, che vengano usati nella didattica ordinaria della matematica. Questo aspetto emerge anche dal confronto continuo con i docenti degli alunni che partecipano al progetto che seguono, parallelamente ai loro studenti, un percorso di formazione sull'utilizzo di queste nuove metodologie.

Riferimenti bibliografici

1. Commissione Europea: Raccomandazione del Consiglio, del 22 maggio 2018, relativa alle competenze chiave per l'apprendimento permanente. Official Journal of the European Union. 1–13 (2018).
2. Liljedahl, P., Santos-Trigo, M., Malaspina, U., Bruder, R.: Problem solving in mathematics education. Springer Berlin Heidelberg, New York, NY (2016).
3. Santos-Trigo, M., Moreno-Armella, L., Camacho-Machín, M.: Problem solving and the use of digital technologies within the Mathematical Working Space framework. ZDM. 48, 827–842 (2016). <https://doi.org/10.1007/s11858-016-0757-0>.
4. Kuzniak, A., Parzysz, B., Vivier, L.: Trajectory of a problem: a study in Teacher Training. 10, 407–440 (2013).
5. Barana, A., Fioravera, M., Marchisio, M.: Developing problem solving competences through the resolution of contextualized problems with an Advanced Computing Environment. In: Proceedings of the 3rd International Conference on Higher Education Advances. Universitat Politècnica València (2017). <https://doi.org/10.4995/HEAD17.2017.5505>.
6. Wing, J.: Computational thinking. Presented at the Communications of the ACM (2006).
7. Bizzarri, G., Forlizzi, L., Proietti, G.: Informatica: didattica possibile e pensiero computazionale. 10 (2011).
8. Lodi, M., Martini, S., Nardelli, E.: Abbiamo davvero bisogno del pensiero computazionale? 15 (2017).
9. Samo, D.D., Darhim, D., Kartasmita, B.: Culture-Based Contextual Learning to Increase Problem-Solving Ability of First Year University Student. Journal on Mathematics Education. 9, (2017). <https://doi.org/10.22342/jme.9.1.4125.81-94>.
10. Malara, N.A.: Processi di generalizzazione nell'insegnamento/apprendimento dell'algebra. Annali online formazione docente. 4, 13–35 (2013).
11. Dorfler, W.: Forms and means of generalization in mathematics. In: Mathematical Knowledge: Its growth through teaching. pp. 63–95. Kluwer (1991).
12. Barana, A., Marchisio, M.: Sviluppare competenze di problem solving e di collaborative working nell'alternanza scuola-lavoro attraverso il Digital Mate Training. In: Atti di Didattica. pp. 1–10 (2017).
13. Barana, A., Marchisio, M.: Dall'esperienza di Digital Mate Training all'attività di Alternanza Scuola Lavoro. MONDO DIGITALE. 15, 10 (2016).