

Industria 4.0, sviluppo delle competenze con didattica Project Based Learning

Luca Forlizzi¹, Giovanna Melideo¹, Gianni Rosa^{1,2}

¹ Dipartimento di Ingegneria e Scienze dell'Informazione e Matematica, Università dell'Aquila,

Via Vetoio loc. Coppito, 67100 L'Aquila, Italy

{luca.forlizzi,giovanna.melideo}@univaq.it

² Istituto Istruzione Superiore "A. D'Aosta", 67100 L'Aquila, Italy

gianni.rosa@istruzione.it

Abstract. Industria 4.0 è una rivoluzione destinata ad avere un forte impatto non solo nel mondo industriale, ma sull'intera società, e dunque anche nel campo dell'educazione. La scuola ha il compito di promuovere e incentivare tutte le attività che favoriscono lo sviluppo delle competenze necessarie a soddisfare la domanda del mercato dell'Industria 4.0, in particolare lo sviluppo del pensiero critico, della creatività e del problem solving.

Le problematiche che emergono quotidianamente dalla produzione industriale fanno sì che si vengano a creare nuove sfide che possono diventare progetti di interesse per i ragazzi delle scuole secondarie indirizzo industriale, come IStretcher che descriviamo in questo lavoro. Il progetto ha permesso di toccare con mano i benefici che si ottengono dalla didattica project based. Gli studenti hanno appreso, affrontato problemi reali, lavorato in team e sono arrivati a raggiungere gli obiettivi preposti dal progetto. Il risultato è stato raggiunto grazie ad un lavoro di progettazione, pianificazione delle attività e delle valutazioni nel quale ogni studente, è stato messo in condizione di essere uno studente-lavoratore, capace di collaborare con gli altri e di pensare in modo critico.

Keywords: Industria 4.0, Project Based Learning, Automazione.

1 Introduzione

L'industria 4.0 è la rivoluzione che ha consentito lo sviluppo della produzione industriale mediante macchine altamente automatizzate e interconnesse tra loro, che dialogano le une con le altre ed effettuano autodiagnostica e manutenzione preventiva. A tal scopo, le tecnologie digitali, big-data, Internet of Things (IoT), interazioni *machine-to-machine* rivestono un ruolo fondamentale. I robot lavorano a contatto con l'uomo e dall'uomo apprendono in modo naturale, potenziando performance, produttività e flessibilità aziendale. In una sola parola, Smart manufacturing. Nasce pertanto l'esigenza di attuare iniziative sistemiche per lo sviluppo dello Smart manufacturing al fine di formare personale altamente specializzato che abbia maturato competenze digitali per le mansioni del futuro. La scuola a tal fine ha il compito di promuovere ed incentivare tutte le attività che favoriscono lo sviluppo delle competenze necessarie a soddisfare la

domanda del mercato dell'Industria 4.0, in particolare lo sviluppo del pensiero critico, della creatività e del problem solving. La didattica laboratoriale e il project based learning (PjBL) sono approcci all'insegnamento che favoriscono l'apprendimento da esperienze complesse, orientate verso il raggiungimento di uno scopo o un obiettivo specifico. Negli approcci tradizionali, gli studenti lavorano da soli, e per il docente, a compiti semplici, dove è importante memorizzare definizioni che difficilmente si avvicinano alle richieste e alle sfide che dovranno affrontare nella vita reale. Differentemente, un approccio project based permette agli studenti di osservare la complessità e gli aspetti interdisciplinari di qualsiasi lavoro in modo più realistico e di raggiungere obiettivi derivanti dalla vita reale anche a lungo termine. Il project based learning fornisce agli studenti un approccio educativo che si allontana dal modello relazionale uno a uno, professore-studente in favore di una forma di insegnamento con cui imparano come si collabora con gli altri per raggiungere risultati in modo efficace. Allo stesso tempo, il ruolo dell'insegnante assume un ruolo di facilitatore ed organizzatore delle attività, strutturando "ambienti di apprendimento" in cui gli studenti, favoriti da un clima relazionale positivo, trasformano ogni attività di apprendimento in un processo di "problem solving di gruppo". In questo articolo, mostreremo come la partecipazione ad un concorso ha permesso agli studenti di acquisire capacità di apprendimento e ragionamento maturando nel contempo sia competenze trasversali che nel campo dell'informazione, della comunicazione, e della tecnologia.

2 Background pedagogico

L'apprendimento attivo è ampiamente riconosciuto come metodo di insegnamento di qualità con validità generale. Secondo gli educatori costruttivisti (Kilpatrick 1987, Confrey 1995), l'apprendimento è un'acquisizione attiva di idee e costruzione della conoscenza, piuttosto che un processo passivo. In altre parole, l'apprendimento richiede che l'individuo sia attivo e impegnato nella costruzione dei propri modelli mentali.

La ricerca sull'insegnamento dell'informatica fornisce ampia evidenza dell'efficacia, in questo campo, di strategie di apprendimento attivo, oltre a suggerire molteplici modi per realizzarle [McConnell, 1996]. Facendo riferimento alla visione concettuale dell'informatica proposta in [Denning, 1989], ipotizziamo l'esistenza di due ragioni alla base di questo risultato:

1. Due dei tre paradigmi fondamentali utilizzati nell'informatica, ovvero la progettazione e la sperimentazione, richiedono un processo attivo di interazione con oggetti diretti, rispettivamente, alla loro costruzione o alla loro analisi

2. Il restante paradigma dell'informatica fondamentale, vale a dire la teoria, viene impiegato per studiare soprattutto i calcoli, cioè i processi che sono intrinsecamente attivi e dinamici.

Tra le forme di apprendimento attivo, il Project Based Learning (PjBL), ovvero l'impostazione della didattica attorno alla realizzazione di uno o più progetti, è diventato un metodo di insegnamento ampiamente utilizzato nelle materie tecniche. Numerosi insegnanti concordano sul fatto che il PjBL ha numerosi vantaggi specialmente nel

campo dell'insegnamento dell'informatica. Gli studenti sono in grado di applicare le loro conoscenze tecniche, acquisire competenze pratiche nella programmazione, essere coinvolti in processi di gruppo e comprendere in alcuni casi anche i cosiddetti fattori *soft* nella gestione del progetto. Tuttavia studi estensivi che analizzano gli esiti di numerosi progetti rimarcano come la valutazione dei risultati sia difficile da standardizzare, e che il PjBL si riveli spesso abbastanza caotico nella percezione degli studenti [Pucher].

Una strategia particolarmente efficace per garantire l'efficacia dell'apprendimento di tutti gli alunni coinvolti in processi PjBL, è quella di impostare il lavoro in classe con la metodologia dell'*apprendistato cognitivo*. L'apprendimento di molti mestieri e arti avviene tradizionalmente attraverso la pratica dell'apprendistato. L'apprendista inizia il suo percorso educativo seguendo il suo mentore impegnato nel lavoro. All'inizio, l'apprendista può solo guardare il mentore mentre fa il suo vero lavoro. Dopo aver osservato diversi lavori, l'apprendista può aiutare il mentore a svolgere compiti sempre più complessi; il mentore supervisiona costantemente l'apprendistato e l'aiuta quando ha problemi. Infine, il mentore concede all'apprendista una sempre maggiore indipendenza, fino a quando non diventa capace di eseguire compiti autonomi e complessi. Seguendo [Collins, 1989], ci riferiamo alle tre fasi sopra descritte come fasi di *modeling*, *coaching* e *fading*.

L'apprendistato cognitivo è una metodologia di insegnamento che mira a migliorare il paradigma dell'apprendistato tradizionale per renderlo più adatto all'insegnamento delle abilità cognitive [Collins, 1989; Collins, 1991]. Infatti, nell'apprendistato tradizionale il mentore dimostra come svolgere un compito, ma spesso evita di spiegare i processi mentali che guidano la propria attività. Tuttavia, per l'insegnamento delle abilità cognitive impiegate nella lettura, nella scrittura e nella risoluzione dei problemi, è fondamentale che il pensiero alla base delle attività emerga in superficie. Sia il pensiero del mentore che quello dell'apprendista devono essere resi visibili l'uno all'altro. Questo non si verifica sempre nell'apprendistato tradizionale. L'apprendistato cognitivo si differenzia anche da quello tradizionale in quanto i compiti e i problemi affrontati dagli apprendisti non sono dettati dalle esigenze di lavoro del mentore. Invece, sono scelti con cura per illustrare il potere di determinati metodi o tecniche e per dare l'opportunità di applicarli in contesti diversi.

Un altro aspetto importante, in cui l'apprendistato cognitivo si differenzia dall'apprendistato tradizionale, è l'enfasi sull'uso delle competenze acquisite in contesti diversi e sui principi astratti alla base dell'applicazione della conoscenza.

I principi dell'apprendistato cognitivo sono stati impiegati nell'insegnamento dell'informatica in numerosi contesti, fornendo risultati positivi documentati dalla letteratura e sono anche alla base di metodologie ulteriormente raffinate [Astrachan; Kölling, Doderer, Vihavainen].

Il *cooperative learning* è una metodologia di insegnamento che sta ricevendo crescente attenzione e feedback positivo. Si basa sull'interazione all'interno di un gruppo di studenti che collaborano per raggiungere un obiettivo comune, attraverso il lavoro di apprendimento che porta alla costruzione di nuove conoscenze. L'importanza e il valore

della cooperazione sono riconosciuti anche dai moderni processi di sviluppo del software. Le pratiche di apprendimento cooperativo possono essere integrate in metodologie di apprendimento cognitivo, ottenendo un effetto di potenziamento, in particolare nella fase di fading [Forlizzi].

3 Il Progetto *IStretcher*

3.1 Sviluppo del progetto

Il progetto *IStretcher* nasce nel contesto del concorso "*Welcome to Automation*" indetto dalla Balluff Automation, multinazionale nel settore dell'automazione industriale. Il concorso, mirato a favorire la conoscenza delle nuove tecnologie e a creare un collegamento tra scuole e aziende, è dedicato agli studenti delle scuole superiori ad indirizzo tecnico. Incentivare la fantasia e l'inventiva degli studenti attraverso la costruzione di un robot capace di svolgere autonomamente determinate funzioni, utilizzando il 90% di materiale riciclato è l'obiettivo del contest. L'iniziativa è stata un'occasione importante per i ragazzi che hanno partecipato al progetto perché ha permesso loro di dare libero sfogo alla creatività e di maturare le competenze tecniche mediante l'applicazione di conoscenze delle discipline oggetto di studio e dell'utilizzo consapevole delle tecnologie proprie dell'educazione tecnica in un progetto concreto.

La prima versione del manufatto, presentato nel corso delle selezioni eliminatorie del centro-sud Italia a Napoli (marzo 2018), ha dimostrato di essere un'idea vincente ma nello stesso tempo non molto innovativa dal punto di vista della robotica e dell'automazione. Superata a pieni voti la prima selezione, in accordo con tutti gli studenti dei tre indirizzi partecipanti (liceo scienze applicate, informatica e meccanica), si è deciso di costruire da zero il manufatto da presentare alla finale di Parma (maggio 2018) apportando migliorie meccaniche, elettroniche ed informatiche al fine di dare una svolta al progetto e competere al meglio con i progetti finalisti del contest.

La volontà e le ambizioni dei ragazzi hanno fatto da colonna portante per la progettazione di un nuovo robot capace di fornire un supporto attivo a chi presta le operazioni di pronto intervento. *IStretcher* è una barella-robot dotato di software sviluppato dagli

studenti che permette di identificare il soggetto infortunato e di fornire informazioni e istruzioni operative utili al personale addetto al primo soccorso. Inoltre, è possibile attivare mediante applicazione mobile, la richiesta dell'emergenza, attraverso la quale, il robot, raggiunge autonomamente il luogo selezionato.



Il progetto si è classificato terzo a livello nazionale, la premiazione si è svolta nell'ambito di Bi-Mu (la biennale delle macchine utensili) alla Fiera di Rho, ultima tappa della seconda edizione del concorso.

3.2 Aspetti Didattici

La partecipazione congiunta degli studenti degli indirizzi di Meccanica, Informatica e del Liceo delle Scienze Applicate hanno permesso la progettazione e la realizzazione di tale attività. I ragazzi hanno cooperato, collaborato, studiato e lavorato duramente per raggiungere un obiettivo comune con molto entusiasmo e determinazione. L'attività è stata pensata e progettata in modo tale da sfruttare la didattica basata sulla sperimentazione scientifica la quale favorisce la maturazione del pensiero scientifico. Si ritiene che sia fondamentale sviluppare le abilità che permettano allo studente di effettuare rilevazioni di fenomeni scientifici; porsi domande; costruire ipotesi; osservare, sperimentare e raccogliere dati; formulare ipotesi conclusive e verificarle. Ciò è indispensabile per la costruzione del pensiero logico e critico e per la capacità di leggere la realtà in modo razionale, senza pregiudizi, dogmatismi e false credenze.

Aspetto di apprendimento che la legge 107/2015 e il decreto legislativo n.62/2017 chiedono di sviluppare è il pensiero computazionale. L'attività è strettamente legata al pensiero computazionale. Nel corso delle attività sono emerse numerose problematiche che sono state risolte mediante l'attuazione e la pianificazione di strategie risolutive utilizzate comunemente nella vita quotidiana. L'educazione ad agire consapevolmente consente ai discenti di apprendere ad affrontare situazioni e problemi in modo analitico, mediante la scomposizione nei vari aspetti che le caratterizzano e pianificando per ognuno le soluzioni più idonee.

Lo sviluppo del pensiero scientifico e del pensiero computazionale, sono alcuni degli strumenti culturali per la cittadinanza attiva promossa nelle indicazioni nazionali. I modelli e le strategie didattiche impiegati, lavoro di gruppo, problem solving, project work e la didattica laboratoriale, hanno favorito la creazione di un sano ambiente di apprendimento che ha influito positivamente sulla progettazione e sul risultato finale raggiunto dagli studenti. Altro elemento delle indicazioni nazionali, perseguito nell'attività è l'educazione alla cittadinanza e alla sostenibilità. L'educazione alla cittadinanza viene promossa attraverso esperienze significative che consentano di apprendere il concreto prendersi cura di se stessi, degli altri e dell'ambiente e che favoriscano forme di cooperazione e di solidarietà. L'attività, durante le fasi del processo formativo, ha consentito lo sviluppo di un'adesione consapevole a valori condivisi e di atteggiamenti cooperativi e collaborativi che costituiscono la condizione per praticare la convivenza civile.

3.3 Aspetti Tecnici

IStetcher è una barella-robot che, posizionato in apposita area e, con la possibilità di muoversi lungo percorsi liberi, è in grado di raggiungere autonomamente il luogo in cui si trova il soggetto infortunato, trasporta il defibrillatore automatico esterno (DAE), e coadiuva le operazioni di primo soccorso in base alla patologia riscontrata, fornendo le istruzioni operative in assoluta sicurezza. Il robot attiva lo stato di emergenza attraverso

la richiesta di intervento mediante applicazione mobile, accessibile da tutti gli operatori connessi alla wifi della scuola.

L'architettura software è composta da tre moduli indipendenti che comunicano tra loro mediante servizi asincroni. "Request Emergency" è l'applicazione mobile che permette attraverso un'interfaccia semplice ed intuitiva di attivare lo stato di emergenza confermando la richiesta di intervento per un determinato luogo. Il modulo ha le informazioni definite a priori sui tracciati dei luoghi planari che il robot è in grado di raggiungere. Il modulo "Go2Destination", attiva i sensori di prossimità e motori in modo da condurre il robot in sicurezza e autonomia al luogo richiesto. Durante la fase di spostamento, viene acceso il monitor touch-screen integrato nel robot e viene eseguito il processo software "First-Aid". Tale applicazione permette mediante un'interfaccia utente *agile* di identificare rapidamente il soggetto da soccorrere, evidenziando all'operatore di primo intervento, eventuali patologie gravi o non (allergie a medicinali, soggetto con attacchi di epilessia, soffio al cuore, etc.) che dovranno essere comunicate all'operatore del 118. Come già menzionato, l'operatore di primo soccorso viene guidato attraverso l'applicazione, la quale illustra con elementi multimediali, le istruzioni operative da attuare per il sintomo rilevato.

La complessità del robot e le numerose funzionalità implementate, hanno fatto emergere la necessità di coinvolgere competenze multidisciplinari che sono intrinseche di almeno quattro materie scolastiche: Informatica, Sistemi e reti, Tecnologie di Progettazione ed Elettronica. Lo sviluppo del progetto ha permesso agli studenti di maturare le competenze tecniche attraverso l'approfondimento di concetti e tecnologie innovative richieste nel contesto dell'industria 4.0. In particolare, gli argomenti approfonditi sono stati: linguaggi client-side (HTML5, CSS3, Javascript); linguaggi server-side (Java e Python); programmazione ad oggetti, design pattern: modello MVC, applicazioni Mobile, database e DBMS MySQL Server, reti wireless su sistemi operativi *unix*-based, elaborazione di segnali, circuiti operazionali, protocollo SPI, driver di controllo per motori stepper, gestione dei relay. La gestione di tutta l'architettura informatica ed elettronica è demandata al single-board computer *RaspBerry PI*. Riepilogando, il microcontrollore si occupa di gestire e comandare:

- l'applicazione mobile esponendo servizi attraverso web server;
- i percorsi e le mappe di riferimento della scuola;
- il movimento automatizzato del robot, il quale è gestito da due motori indipendenti che si occupano rispettivamente della trazione e della direzione del robot;



- il software con le istruzioni operative di primo soccorso e di anagrafica degli studenti con patologie di rilievo da comunicare in caso di interazione con medici del 118.

Il robot è realizzato mediante il riutilizzo di materiali recuperati da attrezzature dismesse dalla scuola. Il telaio è realizzato con tubi in ferro zincato e relativi raccordi (curve e “T”) di diametro diverso in modo da permettere lo scorrimento del telaio in maniera “telescopica” e tale da permettere di raggiungere le dimensioni minime (1,85 m x 0,56) previste dalla Normativa Europea sui Dispositivi Medici 93/42/EEC.

IStetcher è un robot realizzato artigianalmente dai ragazzi dell’Istituto “A. D’Aosta” dell’Aquila. L’intero processo di progettazione (analisi requisiti, design, realizzazione e testing) si è svolto tra marzo e maggio 2018, coprendo un totale di 150 ore di lavoro suddivise tra orario curriculare ed extracurriculare.

4 Valutazione dell’esperienza

La valutazione dell’attività proposta è stata effettuata mediante verifiche autentiche. L’idea della valutazione autentica è strettamente connessa al contesto educativo, il quale per essere efficace deve tener conto dei seguenti elementi: l’alunno, l’insegnante, le conoscenze, il contesto, la valutazione. Affinché l’evento educativo risulti efficace, ogni elemento deve interagire con l’altro e tutti devono essere considerati contemporaneamente instaurando un rapporto dove il discente è in grado di mettere in relazione le nuove informazioni con le conoscenze pregresse e da saperle adattare a nuove situazioni in maniera critica, cogliendo le relazioni causali e risolvendo situazioni problematiche, di saper giustificare un’idea, impiegarla efficacemente e saperne spiegare il valore.

Da questa premessa e dalle caratteristiche della valutazione autentica formulate da Wiggins, abbiamo progettato verifiche autentiche in modo da incentivare e promuovere la costruzione di nuove conoscenze, sviluppare il potenziale creativo e favorire la maturazione delle competenze dei discenti simulando un contesto di “controllo” che nella vita (civile e personale) si manifesta nel luogo di lavoro. Nel dettaglio, le prove sono state strutturate in modo da accertare l’abilità dello studente nel saper usare efficacemente e realmente un repertorio di conoscenze e di abilità per negoziare un compito complesso. Il lavoro di valutazione svolto in questo modo è stato impegnativo, e ha richiesto agli studenti di svolgere prestazioni complesse, autentiche, che mettessero in relazione i contenuti appresi in un contesto reale, richiedendo inoltre, la spiegazione delle soluzioni cercate.

Altre prove che sono state effettuate al fine di promuovere lo sviluppo delle competenze linguistico espositive sono state effettuate con l’organizzazione di seminari dove ogni studente ha presentato in forma orale alla classe il lavoro svolto evidenziando le problematiche riscontrate e come queste sono state affrontate.

L’architettura progettuale definita in fase di design, si basa su componenti atomici, ognuno dei quali è indipendente dagli altri. Ogni componente svolge un’azione oppure è di supporto funzionale ad altri componenti. Tale scelta progettuale ha consentito agli studenti appartenenti ad indirizzi di studio eterogenei, di poter lavorare insieme ed in sinergia tra loro mettendo a disposizione degli altri le proprie competenze. La valutazione attuata, durante l’esecuzione del progetto, è stata effettuata mediante verifiche

autentiche. A tal proposito, si è richiesto agli studenti di: “costruire”, gli allievi non sono stati valutati in base a ciò che è stato loro insegnato, ma hanno avuto il compito di portare a termine un’ esplorazione e lavorare “dentro” le diverse discipline; “sperimentare”, ovvero capire cosa significa svolgere un compito in un contesto produttivo reale; “utilizzare” in modo integrato tutte le loro risorse in modo tale da usare efficientemente e realmente un repertorio di conoscenze e di abilità per negoziare un compito complesso. La valutazione, così come è stata strutturata, mira a migliorare le prestazioni degli studenti, consentendo loro di comprendere e correggere l’errore, di colmare le distanze che vengono rilevate negli apprendimenti, di avanzare al livello successivo di conoscenze e abilità.

5 Conclusioni

Industria 4.0 è uno scenario affascinante, complesso e ricco di sfide, non solo per il mondo industriale ma per l’intera società. In questo lavoro abbiamo raccontato un’esperienza che ne testimonia l’impatto sul mondo della scuola. L’incontro tra scuola e industria è da sempre fruttifero, e con Industria 4.0 si amplificano notevolmente le occasioni in cui vengono messe in gioco anche competenze legate all’informatica e all’ICT. Numerosi studi attestano che l’efficacia didattica degli approcci PjBL all’insegnamento dell’informatica, dipende in maniera critica dalla motivazione degli studenti a svolgere con impegno e portare effettivamente a termine i progetti [12]. Dunque sono estremamente importanti gli stimoli che possono giungere agli studenti dall’opportunità di misurarsi su progetti interessanti sia sul piano personale, sia in riferimento a concrete realtà industriali.

A conclusione del progetto abbiamo realizzato alcune interviste con studenti coinvolti, che hanno evidenziato in modo particolare l’importanza dell’aspetto motivazionale. In particolare i ragazzi si sono dimostrati entusiasti del fatto che il progetto ha permesso loro di avere un “riscontro pratico” su ciò che veniva loro spiegato, al contrario di quanto accade con la didattica scolastica tradizionale. Ciò è stata anche un’occasione per capire le loro vocazioni. Molto apprezzata è stata anche l’opportunità di collaborare con studenti di diversa specializzazione, che ha instaurato stimolanti scambi di conoscenze e competenze.

L’attività progettuale si è sviluppata rispettando i tempi e i requisiti funzionali e non previsti. Le scelte più efficaci sono state principalmente quelle organizzative, le quali hanno permesso di far lavorare studenti con competenze eterogenee tra loro ma che hanno consentito la buona riuscita del progetto. Non ci sono stati mediatori intermedi, ogni gruppo di studenti ha lavorato indipendentemente ad un’attività distinta, al termine di tutte le attività si è proceduto con la fase di assemblaggio finale del robot.

Un aspetto molto importante che abbiamo riscontrato negli studenti che hanno partecipato al progetto è che non hanno dato alcun peso all’aspetto della valutazione, hanno lavorato costantemente senza mai preoccuparsi del voto. Riteniamo questa una vittoria delle strategie didattiche utilizzate, in quanto lo scopo della scuola è preparare cittadini “produttivi”, capaci di svolgere compiti significativi in contesti reali.

References

1. Astrachan, O., Reed, D.: AAA and CS 1: The Applied Apprenticeship Approach to CS 1, In: White, C.M., Miller, J.E., Gersting, J. (eds.) Proceedings of the 26th SIGCSE technical symposium on Computer science education (SIGCSE '95), pp.1-5. ACM, New York (1995).
2. Collins, A., Brown, J.S., Newman, S.: Cognitive apprenticeship: Teaching the craft of reading, writing and mathematics. In *Knowing, Learning and Instruction: Essays in honor of Robert Glaser*. Hillsdale (1989).
3. Collins, A., Brown, J. S., Holum, A.: Cognitive apprenticeship: making thinking visible. *American Educator*, vol. 6, pp. 38–46 (1991).
4. Confrey, J.: A theory of intellectual development. *For the Learn. of Math.* 15(2): 36–45 (1995).
5. Davies, S.P.: Models and theories of programming strategy. *Int. Journal of Man-Machine Studies*, vol. 39 (2), pp. 237-267 (1993).
6. Denning, P.J., Comer, D. E., Gries, D., Mulder, M.C.,Tucker, A., Turner, A. J., Young, P. R.: Computing as a discipline. *Communications of ACM* 32(1), pp. 9-23 (1989).
7. Doderio, G., Cerbo, F.D.: Extreme apprenticeship goes blended: An experience. In Giovannella, C., Sampson, D.G., Aedo, I., (eds). *ICALT, IEEE*, pp. 324–326 (2012).
8. Forlizzi, L., Proietti, G., Bizzarri, G.: Learning and teaching programming with cognitive apprenticeship. In: Jazayeri, M., Pautasso, C., Furdu, I., Cojocariu, V. (eds). *Informatics. Innovative Teaching Approaches*, pp. 61-77, Casa Crii de tiin (2016).
9. Kilpatrick, J.: What constructivism might be in mathematics education. In Bergeron J. C., Herscovics N., Kieran C. (eds.). *Proceedings of the 11th Int. Conf. Psychol. Math. Educ. (PME11) I*: 3–27 (1987).
10. Kölling, M., Barnes, D.J.: Enhancing apprentice-based learning of Java. In: *Proceedings of the 35th SIGCSE technical symposium on Computer science education (SIGCSE '04)*, pp. 286–290. ACM, New York (2004).
11. McConnell, J.J.: Active learning and its use in computer science. In *Proceedings of the 1st conference on Integrating technology into computer science education (ITiCSE '96)* pp. 52-54. ACM, New York (1996).
12. Pucher, R., Lehner, M.: Project Based Learning in Computer Science - A Review of More than 500 Projects. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 29, pp. 1561–1566 (2011).
13. Vihavainen, A., Paksula, M., Luukkainen, M.: Extreme apprenticeship method in teaching programming for beginners. In *Proceedings of the 42nd ACM technical symposium on Computer science education, SIGCSE 11*, pp. 93–98. ACM (2011)