

# PP&S e Riconessioni: “*apprendere*” e “*fare*” nel quadro della Trasformazione Digitale dell’Ecosistema Educativo

Claudio G. Demartini<sup>1</sup>[0000-0003-0686-6713], Marina Marchisio<sup>2</sup>[0000-0003-1007-5404]

Lorenzo Benussi<sup>3</sup>, Anna Brancaccio<sup>4</sup>, Claudio Pardini<sup>4</sup>, Rodolfo Zich<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Dip. Aut. e Infor., Politecnico di Torino, cso Duca d. Abruzzi, 24, 10129 Torino, Italy,  
demartini@polito.it

<sup>2</sup> Dip. Di Matematica, Univ. degli Studi di Torino, Via Verdi, 17, 10100 Torino, Italy  
marina.marchisio@unito.it

<sup>3</sup> Fondazione per la Scuola, Compagnia di San Paolo, Pzza Bernini 5. 10100 Torino, Italy  
lorenzo.benussi@unito.it

<sup>4</sup> MIUR, Direzione Generale Ordinamenti Scolastici, Viale Trastevere, 76/a, 00153 Roma, Italy  
anna.brancaccio@istruzione.it  
dirigente@carloanti.it

<sup>5</sup> Fondazione Torino Wireless, Via Vela, 3, 10128 Torino, Italy  
rodolfo.zich@torinowireless.it

**Abstract.** Nonostante gli enormi cambiamenti promossi nel contesto sociale dalle rivoluzioni industriali, i progressi nella scienza e nella tecnologia - ancorché ampliando significativamente le possibilità di mobilità sociale -, i processi di sviluppo hanno sostenuto la definizione e il consolidamento di professioni e carriere rimaste sostanzialmente stabili, e conformi a schemi omogenei immutati nel tempo per buona parte del secolo scorso. Aumenta il bisogno di qualificare soggetti in possesso di capacità imprenditoriali personali, affinché siano preparati ad affrontare crescenti livelli di incertezza e complessità che si manifestano nello scenario globale dei sistemi produttivi, nelle organizzazioni e negli ecosistemi sociali. In questo contesto, il ruolo dell'educazione e della formazione coinvolge istituzioni scolastiche e università, che devono diventare attori di un processo di istruzione e formazione in grado di anticipare gli scenari che i futuri lavoratori, allievi attuali, dovranno fronteggiare. Questo lavoro affronta e richiama molteplici esperienze di apprendimento attivo consolidate in un quadro educativo tracciato sia per uno specifico contesto di alta formazione accademica sia per la scuola secondaria superiore di I e II grado. L'organizzazione dei corsi è fondata su una visione costruttivista del processo di apprendimento. Gli studenti adottano un approccio che evolve dal generale al particolare per portare a termine un lavoro di progetto al fine di sviluppare un insieme di competenze compatibili con i requisiti espressi da diverse categorie di imprese che operano nella manifattura sia nello sviluppo di sistemi software.

**Keywords:** Digital Transformation, Education, Computational Thinking, Computer Science

## 1 Premessa

Le scuole, le università e tutte le organizzazioni educative sono sempre più consapevoli dell'urgenza connessa al potenziale ancora inespresso della trasformazione digitale, un processo essenziale per aumentare l'efficienza, la collaborazione e la riduzione dei costi e degli errori nella gestione del sistema di istruzione e formazione a tutti i livelli, locale, regionale, nazionale.

Il rapporto che Gartner ha pubblicato nel 2018, traccia le principali tendenze del binomio business- tecnologia usando il concetto di *rete digitale intelligente* per rappresentare "*l'intreccio di persone, dispositivi, contenuti e servizi*" che sarà il fondamento della "*prossima generazione di modelli di business ed ecosistemi digitali*". Le categorie elencate nel seguito derivano direttamente dai termini presenti in quel concetto:

-*Intelligente*: si riferisce al modo in cui l'intelligenza artificiale sta rapidamente percorrendo in ogni tecnologia, diventando la radice di sistemi più dinamici, flessibili e autonomi.

-*Digitale*: ovvero che coniuga inscindibilmente la vita reale e quella virtuale di qualsiasi entità costituendo un ambiente immersivo potenziato, in cui tutte le cose e i concetti esprimono profili spesso compenetrati l'uno – fisico -, nell'altro – virtuale-.

-*Rete*: si riferisce a qualsiasi collegamento tra servizi, persone, aziende, dispositivi, in grado di fornire qualsiasi rappresentazione digitale, comunque complessa.

L'istruzione si trova spesso ad inseguire il mercato nel mettere in atto il potenziale promosso dalle nuove tecnologie. Vi sono tuttavia molti punti emergenti, assolutamente pertinenti, che aderiscono alle tendenze tecnologiche in via di consolidamento nel mercato e che esprimono un impatto altrettanto positivo anche nel dominio dell'istruzione. Tuttavia, l'integrazione della tecnologia dentro le classi richiede competenza e fiducia, di fatto carenti, soprattutto in un contesto ove una quota prossima al 60% degli insegnanti rivendica ancora oggi la necessità di ulteriore sviluppo professionale nell'uso delle TIC, finalizzato all'insegnamento, così come ancora dichiarava OCSE nel 2015. Inoltre, un insegnante, come chiunque altro, non può diventare un esperto in poche ore alla luce delle conoscenze pedagogiche, tecnologiche e di contenuto necessarie per affrontare il contesto e il dominio dell'apprendimento degli studenti. D'altra parte l'atteggiamento degli insegnanti verso la tecnologia gioca un ruolo fondamentale per sostenere il processo di trasformazione digitale.

Un altro problema è il modo in cui la tecnologia può aiutare a "parlare" con e nella comunità, sfruttata ad esempio per interagire con genitori e studenti in modo più efficace, si pensi anche solo ai semplici messaggi di testo inviati ai genitori per coinvolgerli nell'apprendimento dei bambini, informandoli sulle lezioni perdute, oppure alle interazioni con gli studenti, notificando loro l'orientamento professionale e altri suggerimenti pertinenti, o ancora ai "messaggi subliminali" per aiutare gli alunni a cogliere ed esperire atteggiamenti positivi. Per insegnanti e dirigenti scolastici, l'utilizzo della tecnologia, nella forma di piattaforme e social network, assicura che entrambi i genitori abbiano accesso alle informazioni e alle notizie sui propri figli garantendo che quelle stesse informazioni siano sempre ad essi trasferite, indipendentemente dallo status civile degli interessati.

Il modello di sistema educativo promosso dall'OCSE sta emergendo come riferimento, in particolare nel dominio organizzativo, poiché propone di stimare le prestazioni dei

sistemi educativi nazionali, essendo osservati nel loro complesso, piuttosto che limitatamente alle singole istituzioni o entità territoriali localmente aggregate.

Tuttavia, vi è la crescente consapevolezza che molte proprietà essenziali dello sviluppo e dell'impatto dei sistemi educativi possono essere misurate solamente attraverso i risultati di apprendimento, descritti anche mediante la rappresentazione delle loro relazioni con i processi e gli attori individuali e istituzionali.

In questo scenario il presente lavoro intende rappresentare il percorso che il progetto PP&S ha seguito nella costruzione di un ecosistema per l'apprendimento orientato al “fare”, esperito nel quadro di riferimento soggetto alle dinamiche proprie dei processi di trasformazione digitale, proponendosi anche come una delle esperienze di riferimento alla quale lo stesso ecosistema “Riconessioni” [xx] si è ispirato per costruire le proprie fondazioni.

## 2 Introduzione

Nonostante gli enormi cambiamenti promossi nel contesto sociale dalle rivoluzioni industriali, i progressi nella scienza e nella tecnologia, i processi di sviluppo hanno sostenuto la definizione e lo sviluppo di professioni e carriere rimaste sostanzialmente stabili e conformi a schemi omogenei, consolidati nel tempo, per buona parte del secolo scorso. I percorsi educativi, pochi e univoci, sono ancora inequivocabilmente sottesi alla costruzione di una soluzione finalizzata alla pianificazione di una vita lavorativa prevedibile in tutto l'arco professionale di ciascun individuo.

Oggi il quadro di riferimento è invece profondamente modificato in tutte le sue articolazioni, condizionato in modo significativo dalla pervasività dei processi di digitalizzazione diffusi dall'ineluttabilità e ineludibilità dell'interconnessione di cose e persone.

Si stima che il 65% degli studenti attuali lavorerà svolgendo attività appartenenti a figure professionali ad oggi ancora ignote [1].

Le decisioni concernenti la propria istruzione assunte oggi dagli allievi, anche quando sostenute da articolati piani di studio sviluppati in complessi percorsi di formazione, non possono offrire una previsione credibile relativamente alla percezione della spendibilità di una specifica carriera professionale. In effetti, i cambiamenti indotti dallo sviluppo dirompente della trasformazione sociale ha un impatto dirompente sulla determinazione delle competenze richieste ai lavoratori di domani. Questo cambiamento della struttura dei profili professionali è particolarmente evidente nel settore delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (TIC), ove tende a manifestarsi con crescente accelerazione. Le maestranze devono possedere una vasta gamma di abilità e competenze per essere in grado di adattarsi alle esigenze crescenti in termini di flessibilità per affrontare il ritmo crescente del cambiamento presente nel mercato del lavoro emergente.

Aumenta il bisogno di qualificare soggetti in possesso di capacità imprenditoriali personali, affinché siano preparati ad affrontare crescenti livelli di incertezza e complessità che si manifestano nello scenario globale dei sistemi produttivi, nelle organizzazioni e negli ecosistemi sociali. In questo contesto, il ruolo dell'educazione e della formazione coinvolge istituzioni scolastiche e università, che devono diventare attori di un processo di istruzione e formazione in grado di anticipare gli scenari che i futuri lavoratori, allievi attuali, dovranno fronteggiare.

In realtà tali istituzioni hanno in sé il potenziale per cambiare i comportamenti nella società, sfruttando anche le competenze acquisite da ciascun attore per auto-organizzare il proprio apprendimento permanente attraverso la fruizione di servizi ubiqui anche ad accesso virtuale. Uno dei principali fattori da prendere in considerazione nell'ecosistema dell'istruzione e formazione attiene la comprensione delle dinamiche in atto nel mondo del lavoro e del cambiamento di queste in quelle future fortemente condizionate dalle trasformazioni digitali in atto.

Quest'ultimo aspetto rappresenta la causa principale della necessità di rinnovare la rappresentazione dei profili di competenza dei singoli, degli strumenti che utilizzano, agendo sulla consapevolezza dell'articolazione complessa delle "figure professionali", declinate nell'esercizio quotidiano delle attività previste dal cosiddetto "job profile", tracciato dall'impresa. Proprio la dinamica di questo profilo determina le competenze e le abilità attese per esercitare professioni soggette a costanti adeguamenti in quei contesti professionali, intrinsecamente mutevoli a causa dell'imprevedibilità latente, patrimonio inalienabile del cambiamento permanente di ruoli e attività da associare allo stesso profilo. Pertanto, seguendo il tradizionale modello di apprendimento è molto difficile riuscire oggi a identificare e stabilire un insieme di abilità e competenze in grado di mantenersi stabili e congelate per tutta l'esperienza lavorativa estesa sull'arco di vita professionale complessivo. Come conseguenza ora le tendenze educative in progressione evolutiva stanno cercando un cambiamento di paradigma [2], che dalla tradizionale rappresentazione istituzione-centrica riesca a migrare verso un nuovo modello, anche organizzativo, con lo studente al centro del processo di apprendimento, e che contempli lo scenario ove gli stessi studenti diventino "pensatori critici", in grado di migliorare con autonomia di giudizio non solo le abilità tecniche, ma anche le capacità implicite di affrontare, seguire e promuovere il cambiamento.

Nei contesti ad alto tasso di innovazione i meccanismi e i metodi tradizionali per trasferire conoscenza e promuovere apprendimento con particolare riferimento all'informazione, non reggono più i tempi imposti dall'ineluttabilità della progressione accelerata dell'innovazione tecnologica. È necessario cambiare le regole di ingaggio dei problemi, scommettendo sull'azione del gruppo e sulla capacità di ciascuno di uscire dagli schemi, valorizzando gli atteggiamenti relazionali, la curiosità intellettuale, l'apertura mentale, la flessibilità professionale e l'apprendimento interdisciplinare. Allo stesso tempo allievi, operatori e professionisti, oltre alle imprese, agli enti pubblici e privati devono imparare a gestire in modo efficiente nuovi media e quantità massive di informazioni. A tutto ciò concorre lo sviluppo di una solida base culturale, metodologica, capacità di apprendimento autonomo e auto-organizzazione.

Alla luce di tali considerazioni, università e scuola dovrebbero preparare il terreno per costruire scenari in grado di accogliere e coniugare il mondo dell'impresa e quello dell'apprendimento, il tutto raccordato con il contesto sociale, anch'esso in travolgente divenire, sotto la pressione della trasformazione digitale.

Sotto questa prospettiva università e scuola hanno come obiettivo cruciale il superamento dei tradizionali confini disciplinari, sostenendo una fusione intellettuale finalizzata a sviluppare la cultura dell'impresa da un lato e la conoscenza dell'imprenditoria agita dall'altro. La partecipazione dell'università, della scuola e dell'impresa dovrebbe operare come catalizzatore della crescita economica, attraverso il trasferimento in seno all'impresa del seme dell'innovazione, generando, in prospettiva, un impatto positivo sullo sviluppo del territorio considerato nel suo complesso.

Recenti approfondimenti mostrano che la combinazione degli schemi di apprendimento tradizionali con quelli attivi pare proporsi come percorso sostenibile finalizzato a tracciare un modello praticabile utile al raggiungimento degli obiettivi perseguiti.

Nel particolare, citando Partovi: "...*computer science is a "foundational skill," one that future doctors, lawyers and politicians should all possess...*". Egli sostiene che la conoscenza dei fondamenti dell'informatica rappresenta la creazione di una solida base su cui gli studenti possono migliorare il loro modo di pensare costruendo attraverso un approccio sperimentale a temi e contesti provenienti dalla vita vissuta, un ecosistema osmotico, ove l'interdisciplinarietà possa trovare il terreno adatto per radicarsi ed evolvere. Gli allievi devono essere infatti chiamati a proporre soluzioni ai problemi posti dall'azienda, affrontando contemporaneamente quelli indotti e derivati dall'applicazione delle tecnologie.

Il Politecnico di Torino, ad esempio, ha iniziato a dar forma a un quadro concettuale come sopra tracciato. In effetti, l'esperienza ormai superiore ai quattro anni, si concentra sull'organizzazione di due insegnamenti: "*Information Systems*" e "*Gestione dell'Innovazione e Sviluppo del Prodotto*", ispirato al Progetto Riconessioni della Fondazione per la Scuola e, prima ancora, al progetto Problem Posing & Solving (PPS) promosso dalla Direzione Generale del MIUR, secondo un quadro pedagogico di riferimento di tipo costruttivista, influenzato dagli scenari promossi da Paulo Freire [xx], e basato sull'apprendimento attivo a classe invertita (*Flipped Class*). Gli studenti vengono prima introdotti al dominio del problema attraverso il coinvolgimento diretto delle imprese che partecipano sin dalle prime fasi del percorso proponendo alcune delle sfide che in qualche modo hanno condizionano la loro operatività nell'ambito dei processi produttivi esperiti nella quotidiana ordinarietà.

I gruppi di lavoro sono assemblati in modo tale da coinvolgere le diverse competenze necessarie per seguire l'intero ciclo di vita del problema facendo anche fronte alla necessità di acquisire un livello adeguato di analisi dello stato dell'arte. Quest'ultimo aspetto è costruito operando nei specifici settori con appropriate analisi di mercato, condotte dalle stesse squadre di allievi che applicano metodologie già sperimentate in altre occasioni. L'intero processo di apprendimento è organizzato integrando la sperimentazione con la vita reale rappresentata dall'impresa, nella duplice prospettiva dell'accademia e della "produzione", costituendo un "living lab" in grado di integrare la complessità insita nel dualismo accademia/impresa in uno spazio ove gli allievi concorrono, in team, alla progettazione delle soluzioni pervenendo alla completa specifica del prodotto/servizio, proponendone inoltre una prima release prototipale. Tutte le fasi intermedie del ciclo di sviluppo sono organizzate secondo un profilo logico finalizzato alla configurazione di una soluzione prototipale che risponda ai requisiti raccolti nelle fasi iniziali espressi secondo la prospettiva proveniente dal punto di vista aziendale. L'obiettivo principale del corso, infatti, è di promuovere negli allievi l'impulso creativo nella consapevolezza delle azioni, delle scelte, delle realizzazioni, da effettuarsi in un quadro crono-topologico multidisciplinare, con disponibilità di un'ampia scelta di mezzi e strumenti, ancorché con altrettanti limiti e vincoli, tutti compatibili con la vita professionale reale e con i tempi e le esigenze proprie dell'impresa.

Questo lavoro è organizzato secondo la seguente articolazione. La sezione 3 traccia il contesto formativo educativo strettamente connesso alle esperienze che ne costituiscono il riferimento.

La sezione 4 introduce la strategia formativa delineata attraverso esperienze consolidate nell'arco di alcuni anni di replica del corso. In particolare, le fasi principali dell'intero processo di apprendimento è presentata introducendo il ciclo di vita del problema/prodotto/servizio realizzato sotto il controllo di un comitato guida all'uopo costituito. Il caso studio specifico che adotta le linee guida tracciate nel modello descritto viene presentato nella sezione V. Infine, conclusioni e future prospettive sono descritte nella sezione VI.

### 3 Il Contesto Educativo

L'educazione all'apprendimento attivo è un processo che mira a fornire agli studenti l'opportunità di riflettere in modo logico e strutturato sul problema, attraverso una serie di attività che inseriscono l'attore nelle situazioni professionali più difficili, che possono richiedere capacità di valutazione, di problem solving, ma soprattutto di ragionamento critico trasferito dai contesti disciplinari al dominio ove quelli possano integrarsi armonicamente.

In generale, questo tipo di orientamento può essere considerato come articolato caleidoscopio di strategie di apprendimento [4] [5] [6] [7] [8] [9], in parte sovrapposte, ma anche divergenti, in modo tale da coprire parti complementari di contesto, favorendo la rappresentazione olistica del problema, promuovendo così soluzioni ove l'interdisciplinarietà domina la scena, in piena sintonia con l'agire professionale esperito sul palcoscenico aziendale, nella vita reale.

Il contesto educativo rappresentato in questo lavoro si basa su un modello di apprendimento fondato sull'indagine, ovvero un insieme di processi messi a punto dagli stessi allievi, come, ad esempio, la diagnostica del problema, realizzata attraverso un'articolata analisi condotta ad ampio spettro, discutendo soluzioni esistenti in modo critico e identificando alternative, formulando congetture, cercando ulteriori informazioni, costruendo modelli, articolando ragionamenti e argomentazioni coerenti, essendo così in grado di sostenere confronti radicati anche su queste ulteriori estensioni del percorso di apprendimento [10].

L'elemento d'ingaggio è offerto dallo scenario in cui si colloca il problema oggetto d'indagine, la cui analisi può guidare lo sviluppo di specifici progetti collocati nell'area della computer science e del pensiero computazionale. È opportuno sottolineare che in questo contesto un problema si riferisce a una criticità la cui soluzione potrebbe essere realizzata nella forma di un sistema computazionale anche articolato e complesso. In tal modo gli studenti apprendono una metodologia per tradurre l'analisi di un problema in una serie di attività, volte a identificare un insieme di obiettivi chiari entro un determinato periodo di tempo. Tale processo promuove la crescita di pratiche, tecniche e abilità trasversali [11] [12], essendo comunque guidato da docenti che agiscono in qualità di facilitatori avendo acquisito metodi, strumenti e concetti connessi all'impiego delle tecnologie. L'apprendimento fondato sull'indagine sviluppa un approccio induttivo ove osservazioni, analisi e riflessioni elaborate dagli allievi costituiscono gli elementi fondamentali [13] del processo.

Poiché il focus del contesto educativo sono la matematica, l'informatica e l'innovazione, il corso di gestione dell'innovazione e sviluppo prodotto è di particolare interesse e adeguato all'elaborazione di un quadro orientato all'apprendimento esperienziale di

tipo costruttivista. A questo fine la costituzione di un “living lab” [14], in cui vari attori partecipano alla co-creazione e alla valutazione di idee nuove, accompagnandole con la realizzazione di prototipi tecnologici, costituisce un’opportunità unica. Il fine ultimo di questo lavoro è di fornire gli strumenti per comprendere come un ecosistema di apprendimento attivo influisca sui risultati di apprendimento conseguiti dagli allievi sia nei corsi universitari sia nelle scuole secondarie superiori.

#### 4 Modello e Strategia

Il paradigma di apprendimento basato sull’indagine offre la possibilità di approfondire concetti e conoscenza acquisita mentre il discente segue il percorso tracciato per giungere alla costruzione della risposta al problema. Esso rappresenta un processo naturale seguito dagli allievi mentre essi stessi cercano di costruire soluzioni via via rispondendo ai quesiti che maturano lungo il percorso sostenendo così in modo implicito l’estensione delle proprie abilità e competenze.

Effettivamente, da questo punto di vista, l’intero processo, elaborato applicando tecniche di apprendimento basati sull’indagine, agisce secondo il metodo scientifico, ben noto e ampiamente applicato nel dominio della ricerca.

Per questo motivo diventa indispensabile descrivere le modalità con le quali esso possa essere messo in pratica. A tale riguardo, il pensiero computazionale [15] può essere considerato “best practice” da perseguire, dal momento che può essere definito come *“i processi di ragionamento coinvolti nella formulazione di problemi e delle loro soluzioni in modo tale che quelle stesse soluzioni possano essere rappresentate in una forma tale da poter essere eseguite da un agente automatico per l’elaborazione delle informazioni”* [16]. Questa definizione delinea chiaramente la stretta relazione con gli obiettivi di un corso che ha lo scopo di favorire l’individuazione delle possibili risposte a specifiche esigenze di mercato, affinché sia possibile mantenere la competitività dell’ente esercitata in uno scenario globale.

In questo contesto sono necessari strumenti appropriati sia per definire correttamente i problemi da un punto di vista metodologico sia per formulare soluzioni corrispondenti, comprese eventuali alternative, qualificate in base alla stessa definizione del problema e ai requisiti raccolti in coerenza con quella formulazione. L’obiettivo è dimostrare la fattibilità delle soluzioni e di metterle in produzione in modo efficiente.

I principali meccanismi a fondamento del pensiero computazionale riguardano l’astrazione, la rappresentazione del problema, la decomposizione, la simulazione e le tecniche di verifica. La pietra angolare del disegno è il processo di generalizzazione, che viene usato concettualmente per rappresentare i dati come oggetti definiti ad un più elevato livello, stabilendo collegamenti logici tra essi. Ciò è ben rappresentato nella modellazione concettuale con la disponibilità di linguaggi specifici normati, come ad esempio UML, i modelli Entity-Relationships, e altri.

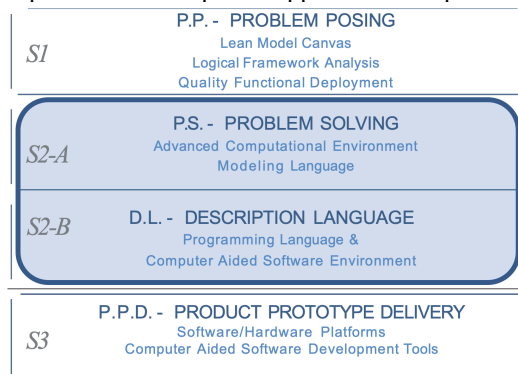
Attraverso i suoi contrari, concretezza o tangibilità, è invece possibile definire entità particolari e distinguerne la configurazione. Essi sono anche usati per catturare le proprietà comuni essenziali di un insieme di oggetti attraverso l’applicazione di una procedura di classificazione. L’astrazione conferisce, dunque, all’abilità dell’analista la possibilità di affrontare complessità crescenti gestendo la rappresentazione del problema

su diverse scale, a partire da una visione ampia, ancorché di sintesi, di un sistema comunque articolato, potendone esprimere successivamente anche i singoli moduli in ulteriori livelli di particolarizzazione.

Il processo segue una sequenza apparentemente gerarchica di fasi, ognuna con un livello di astrazione più elevato, se il processo di analisi è osservato nella direzione bottom-up, o più particolareggiato, se quello stesso è osservato in top-down. La decomposizione in una architettura a diversi livelli di aggregazione esprime la modularità della struttura; i prodotti e i servizi possono essere descritti a segmenti assegnando a ciascun livello funzionalità specifiche, separate da quelle fornite degli strati adiacenti. Conseguentemente l'attuazione o la manutenzione di singole funzionalità sono rese più semplici in quanto collocate e identificate all'interno di uno specifico livello, agente in modo del tutto indipendente dagli altri livelli ad esso adiacenti.

## 5 Principi e Progettazione

La logica della struttura disciplinare è costruita attorno al modello mostrato in Fig. 1, che adotta i principi delineati nel quadro appartenente al pensiero computazionale.



**Fig. 1.** Modello di apprendimento basato sulla formulazione del problema elaborata secondo i principi del pensiero computazionale.

Il modello astratto si focalizza sui quesiti emergenti dalla percezione del problema da risolvere, e che quindi sono poste al livello più elevato (S1). Il problema viene formulato da una Commissione Congiunta di Regia Impresa-Accademia, ed è studiato attraverso un processo di analisi basato sull'indagine condotta in sintonia con le indicazioni consolidate nell'Approccio del Quadro Logico (Logical Framework Analysis-LFA [xx]). A complemento, una volta individuati i risultati da conseguire, l'indagine procede attraverso l'individuazione dei benchmark di riferimento impiegando metodologie quali, ad esempio, la Casa della Qualità. Quest'ultima consente di rappresentare la Domanda in Qualità, a fronte della qualità percepita utilizzando prodotti/servizi in competizione già esistenti nel mercato.

Il secondo livello (S2-A) concerne lo sviluppo delle specifiche della soluzione da proporre per il problema descritto al livello superiore (S1). Tali specifiche dovrebbero essere sviluppate con una descrizione astratta formale, in forma di modello matematico

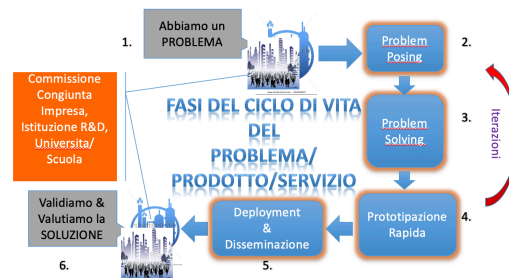


per dare rappresentazione a fenomeni anche complessi, impiegando, ad esempio, scenari di simulazione in ambienti Matlab [17], Simulink [17], MapleSim [18], NI Labview [19], o, più in generale e complementariamente, modelli non matematici, descritti con Unified Modeling Language (UML), IDEF0 [20], BPMN [21] in ambienti quali, sempre a titolo esemplificativo, Eclipse e PyCharm, o comunque altri analoghi, altrettanto efficaci.

Le specifiche che descrivono i modelli sono gestite al livello S2-B, ove una rappresentazione ben più dettagliata resa attraverso l'impiego di linguaggi orientati ai sistemi automatici [xx] possono animare diverse piattaforme hardware, basate su microcontrollori o su sistemi di elaborazione di tipo generale, collocate a loro volta in corrispondenza del livello S3. Sempre a livello S2-B, possono essere eseguite simulazioni più precise, grazie agli ambienti che emulano il comportamento delle piattaforme hardware eventualmente utilizzate, quali ad esempio Arduino (TinkerCAD), Raspberry, o smartphone commerciali ad ampia diffusione.

La Fig. 3. riporta uno schema descrittivo delle metodologie e degli strumenti di apprendimento collocati nei diversi stadi della pianificazione del corso, richiamando, soprattutto in corrispondenza della fase tre, anche i sistemi operativi, oltre alle funzionalità di rete, ai file system e così via, facendo inoltre riferimento ai linguaggi specifici (C, C++, Python, Scratch) più utilizzati nei vari ordini e grado di formazione, oltre che ai contesti applicativi più diffusi.

Il corso è organizzato secondo un ciclo di vita composto da sei fasi, come mostrato nella Figura 2. Nella prima fase, il problema viene rilevato ed esplicitato dall'impresa.



**Fig. 2.** Trasformare le Idee in Azioni: Organizzazione e Archetipo del Ciclo di Vita.

Coinvolge istanze strettamente legate ai nuovi orientamenti tecnologici già consolidati, offrendo alle aziende l'opportunità di ripensare la catena del valore, sulla base della pressione esercitata dalla percezione dell'evoluzione della tecnologia, ma soprattutto dalle scelte già effettuate dai concorrenti presenti nel mercato, con particolare attenzione ai nuovi ingressi.

La seconda fase riguarda l'indagine sistematica del problema, condotta attraverso l'applicazione di una raccolta di metodi e strumenti che permettono di penetrare il dominio specifico per comprendere lo scenario più esteso. In tal modo il problema, esploso in tutte le istanze che lo compongono, proietta implicitamente le soluzioni praticabili attraverso l'analisi delle sue componenti e dell'impatto che queste hanno su sistemi, sull'ambiente e sull'organizzazione. La terza fase mira a individuare strategie adeguate

per realizzare la soluzione adottando appropriati approcci algoritmici strumentali ai cosiddetti risultati attesi, adeguatamente formalizzato attraverso l'impiego di specifiche metodologie, ancorché debolmente, formali e normate.

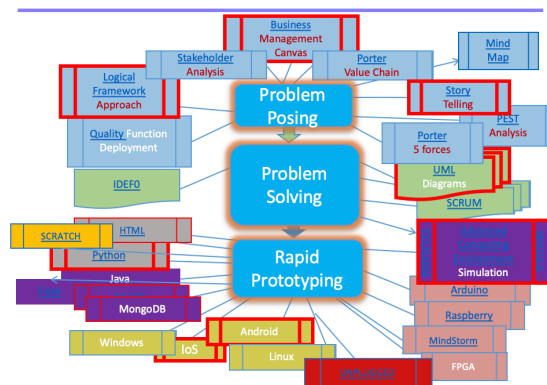
Dopo aver selezionato adeguate strategie realizzative, può essere creato un prototipo in corrispondenza della quarta fase, ove linguaggi di programmazione, applicazioni software e piattaforme hardware possono essere assemblate organicamente e sistematicamente. La fase di prototipazione rapida sfrutta il principio del "riutilizzo", rendendo precedenti componenti sviluppati facilmente integrabili per ottenere il più elevato livello di prestazioni in termini di riduzione dei costi e del tempo di latenza per l'ingresso nel mercato o, comunque, per l'utilizzo diretto nel dominio dell'applicazione di riferimento.

La fase che segue, dispiegamento e diffusione, concerne le attività connesse alla scalabilità dell'impiego su vasta scala della soluzione proposta, e delle attività di pubblicizzazione. Per queste ultime occorre identificare un insieme di canali di comunicazione utili al raggiungimento del segmento di utenza obiettivo, promossi eventualmente dalle stesse parti interessate, una volta identificate anche le fonti di finanziamento appropriate.

Al termine del ciclo si colloca l'attività di validazione/valutazione, eseguita secondo la prospettiva di effettiva congruenza della soluzione delineata rispetto al problema proposto e alla correttezza del processo di sviluppo, oltre che rispetto agli obiettivi di apprendimento previsti nella struttura del piano del corso.

La prospettiva dell'azienda gioca un ruolo fondamentale nella procedura di valutazione. Complementariamente la stessa autovalutazione effettuata dalla squadra costringe ciascun attore a rendere conto degli sforzi e delle stime dei costi sostenuti durante lo sviluppo del ciclo di vita di tutto il prodotto/servizio.

La Fig. 3 traccia le principali metodologie, piattaforme, strumenti e tecnologie considerate rilevanti e utili all'interno delle tre fasi principali presenti nel ciclo di vita trattato nel corso.



**Fig. 3.** Rappresentazione delle principali metodologie e degli strumenti utilizzati nei vari stadi di sviluppo del corso.

La fase di “Problem Solving” consta principalmente delle metodologie utilizzate per comprendere il problema, raccogliendo tutte le informazioni utili in tal senso. Il punto di partenza si colloca in un modello tanto semplice quanto efficace denominato “Lean Model Canvas”, che consente in tempi molto rapidi di configurare il quadro completo di un’analisi del problema corredata di una corrispondente soluzione.

Nel dominio "Problem Posing" ogni progetto prende forma seguendo un approccio top-down. Promuovendo un'analisi della situazione esistente nel contesto di riferimento. Ciò avviene utilizzando quesiti atti a sollecitare la percezione del problema che le parti interessate possono esprimere raccogliendo quante più informazioni possibili sullo scenario problematico di riferimento, finalizzando a tale indagine potenziali soluzioni utili in termini di prodotto/servizio da realizzare come risposta appropriata al problema rappresentato dall'azienda/ente/organizzazione/individuo.

Pertanto, in questa fase, gli allievi sono guidati verso la comprensione del problema e del suo contesto, principalmente attraverso metodologie quali, ad esempio, il Logical Framework Analysis (LFA) [xx] e la Casa della Qualità [xx] o “Quality Function Deployment” (QFD).

LFA è un processo analitico che raccoglie una serie di strumenti utilizzati per sostenere azioni di analisi, pianificazione e gestione del progetto nella prospettiva del “critical thinking”. Permette agli allievi di orientare immediatamente il profilo dei quesiti pertinenti, in grado di impostare lo schema logico della soluzione, individuando anche obiettivi e strumenti utili al suo raggiungimento. LFA è stato adottato per la sua capacità di raccogliere punti di vista diversi, integrando varie metodologie che permettono di investigare, anche in chiave strategica, lo stato dell’arte (“as is”) con il fine di identificare chiaramente i fattori chiave di successo, selezionando gli stakeholder, il “target group” e i beneficiari finali. In particolare, l’analisi degli stakeholder risulta essere utile anche per identificare funzionalità rilevanti da inserire nel prototipo di prodotto/servizio /applicazione/dispositivo. L’indagine di dominio utilizza anche altre metodologie e altri strumenti, come ad esempio PEST (per l’analisi Politica, Economico, Sociale e Tecnologica), il modello delle cinque forze di Porter, la ben nota S.W.O.T. (Forze, Debolezze, Opportunità e Minacce) analisi, oltre al già citato Lean Model Canvas e alla “Value Chain Analysis”.

Gli allievi sono incoraggiati a ricercare, ispezionare ed elaborare materiale di varia natura, dalla letteratura specializzata, ai video, ai documenti scientifici e di posizionamento territoriale, per imparare e sviluppare la percezione del contesto e la propensione alla valutazione critica dell’esistente. In questa fase, la narrazione, i metodi di gestione del processo, quali ad esempio Scrum, possono essere assunti quali metodologie di riferimento per aiutare a focalizzare l’attenzione sui requisiti emergenti, utili ad affrontare il problema. Sempre in questo quadro lo Story-Telling, che i team di solito adottano anche entro il perimetro definito in Scrum, svolge un ruolo determinante per identificare chi è l’utente finale, ciò che desidera e perché. Spesso la storia raccontata dalla parte interessata segue uno schema semplice così strutturato: "Come [ruolo dell’utente finale], desidero [la richiesta] in modo che [il fondamento logico]".

La selezione della strategia nell’ambito del quadro logico (LFA) consente al team di identificare quali sono gli obiettivi realizzabili all’interno del progetto, considerata l’analisi sviluppata fino a quel punto, ottenuta attraverso il processo investigativo condotto utilizzando l’albero del problema e quello corrispondente della soluzione [24]. Infatti,

mentre il primo albero consente l'identificazione dell'unica componente focale del problema (rappresentata dal tronco), in relazione con le sue cause (sotto-problemi, costituenti le radici dell'albero) e con gli effetti che genera (sotto-problemi costitutivi della parte superiore, o foglie, dell'albero), il secondo albero, denominato "della soluzione", strutturalmente correlato al precedente, mostra le possibili soluzioni con i loro obiettivi specifici (foglie dell'albero delle soluzioni), il "proposito" o scopo principale (tronco dell'albero) e i "risultati" conseguiti, mezzi utili al raggiungimento di quel proposito (risultati che nella notazione costituiscono le radici dell'albero). Gli strumenti descritti consentono al team di identificare le funzionalità da realizzare in termini di radici componenti dell'albero della soluzione.

L'approccio basato sul quadro logico (LFA) termina con la creazione della cosiddetta Logical Framework Matrix (LFM), ove una serie di indicatori, che permettono di misurare gli obiettivi concepiti, sono riferiti anche a specifiche fonti, al fine di fornire le evidenze, unitamente a potenziali rischi associati a tali obiettivi e al progetto stesso, utili a tracciare l'avanzamento delle attività e l'efficacia del percorso realizzativo.

Le specifiche del prodotto/sistema unitamente ai piani di sviluppo della produzione, con indicazione dei livelli di qualità offerta, a confronto con i livelli della qualità percepita, sono elaborati a partire dalle esigenze del cliente attraverso l'uso della Casa della Qualità (House of Quality - HoQ), vero e proprio strumento utile per lo sviluppo di un'appropriata analisi di mercato finalizzata all'individuazione delle proprietà utili a rendere competitiva la realizzazione, ancorché prototipale. Essa offre uno schema strutturato per considerare la "voce del cliente", a partire dal risultato di processo ottenuto nei passi precedenti con l'applicazione di LFA. I requisiti espressi dal cliente sono catturati mediante ricerche di mercato utilizzando questionari, sondaggi, discussioni dirette, focus group, osservazioni, rapporti dal campo, informazioni provenienti da certificazioni di garanzia ecc. Il QFD aiuta a identificare e focalizzare l'attenzione sul livello delle funzionalità del sistema con l'obiettivo finale implicito di competere nel mercato. La transizione alla fase 2 introduce nell'area dello sviluppo delle specifiche formali appartenenti all'ampio dominio del "Problem Solving", ove prevalgono aspetti algoritmici, traendo vantaggio dalla precedente analisi orientata alla comprensione del problema. Per la finalità connessa alla pianificazione dello sviluppo, gli allievi familiarizzano con IDEF0 (DEFInizione integrata di fabbricazione assistita dal computer per la modellazione delle funzioni) al fine di identificare i macro-processi, ai quali, attraverso l'uso della notazione UML, sarà possibile assegnare specifiche funzioni o servizi (Use Case), in coerenza con l'analisi effettuata in HoQ, orientata a suggerire il "to be" a confronto con l'eventuale benchmark assunto come stato dell'arte ("as is").

IDEF0, assecondando l'esperienza acquisita in precedenza, diventa lo strumento per porre in relazione i risultati del QFD (HoQ) in termini di requisiti tecnici, li infatti prendono corpo i processi funzionali costitutivi dell'applicazione, processi ai quali saranno fatti corrispondere i casi d'uso modellati rispetto alle funzioni/servizi resi disponibili agli attori che interagiscono con il sistema. Una volta ottenuto le caratteristiche tecniche funzionali corrispondenti ai processi applicativi da realizzare, lo schema complessivo, nella proiezione gerarchica dei livelli di dettaglio, viene realizzato con una serie appropriata di diagrammi IDEF0. Questi ultimi riportano anche le interazioni tra i macro-processi, le risorse che sostengono l'evoluzione di ciascuno di essi, esplicitando anche i principali vincoli da considerare, ai quali ogni processo deve sottostare.

IDEF0 permette di specificare anche i flussi di materiali, documenti e persone, oltre a quelli concernenti le informazioni.

Come anticipato, il passo successivo prevede l'assegnazione di funzioni/servizi a ciascuno dei processi individuati in IDEF0, le cui specifiche si sviluppano tramite diagrammi Use Case che evidenziano anche mutue relazioni tra i servizi. Inoltre, ulteriori dettagli possono essere espressi utilizzando i diagrammi delle attività per disegnare e rappresentare formalmente storie o scenari solitamente descritti in linguaggio naturale. A questi si aggiungono, nella suite UML, i diagrammi delle classi, statiche rappresentazioni della struttura delle informazioni, che sono realizzati a partire dalla descrizione di funzioni/servizi. Per la parte dinamica si prosegue utilizzando i diagrammi di sequenza elaborati per tenere traccia delle dinamiche evolutive del sistema, messe in atto dalle interazioni degli oggetti, appartenenti alle classi individuate, sostenute da meccanismi di scambio di messaggi, questi ultimi diretta manifestazione degli eventi che scatenano tali interazioni.

## 6 Conclusioni

Questo lavoro affronta e richiama molteplici esperienze di apprendimento attivo consolidate in un quadro educativo tracciato sia per uno specifico contesto di alta formazione accademica sia per la scuola secondaria superiore di I e II grado. L'organizzazione dei corsi è fondata su una visione costruttivista del processo di apprendimento. Gli allievi adottano un approccio che evolve dal generale al particolare per portare a termine un lavoro di progetto al fine di sviluppare un insieme di competenze compatibili con i requisiti espressi da diverse categorie di imprese che operano sia nella manifattura sia nello sviluppo di sistemi software. Di fatto il ruolo chiave nella gestione del percorso di apprendimenti viene assegnato a un comitato guida che rappresenta congiuntamente il mondo accademico e quello aziendale. Esso ha il compito di seguire gli allievi, organizzati in team, a partire dalla proposta di progetto strumentale al problema espresso dall'impresa, fino alla fase di valutazione finale della eventuale soluzione elaborata.

La disponibilità di un Living Lab permanente consente di migliorare le capacità degli allievi nello sviluppo di progetti da sviluppare entro un quadro combinato di metodologie/pedagogia tradizionali e autoapprendimento, stimolandone anche lo spirito competitivo.

I casi di studio forniscono approfondimenti sulle competenze che il corso intende promuovere, attraverso accessi permanenti ai materiali e ai tutor coinvolti nella gestione delle attività dei corsi. Questo "position paper" è un primo passo utile per suggerire futuri aggiornamenti del corso. Prevedendo in particolare, tecniche per la misura dell'efficacia del processo di apprendimento, individuando gli elementi qualificanti già consolidati in un arco esperienziale esteso per oltre 5 anni di attività.

### References (IN FASE DI COMPLETAMENTO)

1. World Economic, Forum: The Future of Jobs Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution, 1-10, January (2016).

2. Sowjanya O'Neill, The Connected Campus: Digital Transformation in Education, Business and Technology, February 16, 2018, <https://www.fortinet.com/blog/business-and-technology/the-connected-campus-digital-transformation-in-education.html>
3. Cisco and/or its affiliates., An special report sponsored by Cisco, Supporting a Digital Transformation in Schools, [https://www.cisco.com/c/dam/en\\_us/solutions/industries/docs/education/e-rate-white-paper.pdf](https://www.cisco.com/c/dam/en_us/solutions/industries/docs/education/e-rate-white-paper.pdf). (2017)
4. A. A. Gokhale, "Collaborative learning enhances critical thinking," *J. Technol. Educ.*, vol. 7, no. 1, pp. 22–30, 1995.
5. A. Yadav, D. Subedi, M. A. Lundeberg, and C. F. Bunting, "Problem based learning: Influence on student's learning in an electrical engineering course," *J. Eng. Educ.*, vol. 100, no. 2, pp. 253–280, Apr. 2011.
6. L. Springer, M. E. Stanne, and S. S. Donovan, "Effects of small-group learning on undergraduates in science, mathematics, engineering and technology: a meta-analysis," *Rev. Educ. Res.*, vol. 69, pp. 21–51, 1999.
7. J. R. Buck and K. E. Wage, "Active and cooperative learning in signal processing courses," *IEEE Signal Process. Mag.*, vol. 22, no. 2, pp. 76–81, Mar. 2005.
8. M. Prince, "Does active learning work? A review of the research," *J. Eng. Educ.*, vol. 93, no. 3, pp. 223–231, 2004.
9. M. J. Prince and R. M. Felder, "Inductive teaching and learning methods: definitions, comparisons, and research bases," *J. Eng. Educ.*, vol. 95, no. 2, pp. 123–138, 2006.
10. M.C. Linn, E.A. Davis, and P. Bell, *Internet Environments for Science Education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2004.
11. C. C. Bonwell and T. E. Sutherland, "The active learning continuum: Choosing activities to engage students in the classroom," *New Directions Teaching Learning*, vol. 1996, no. 67, pp. 3–16, Fall, 1996.
12. E. F. Crawley, J. Malmqvist, W. A. Lucas, and D. R. Brodeur, "The CDIO syllabus v2: An updated statement of goals for undergraduate engineering education," in *Proc. 7th Int. CDIO Conf.*, Copenhagen, Denmark, Jun. 20–23, 2011.
13. *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*. Steve Olson and Susan Loucks-Horsley, editors. Committee on the Development of an Addendum to the National Science Education Standards on Scientific Inquiry, National Research Council, 2000.
14. A. Kusiak, C.Y. Tang, "Innovation in a requirement life-cycle framework, Proceedings of the 5th International Symposium on Intelligent Manufacturing Systems", IMS'2006, Sakarya University, Sakarya, Turkey, 61-67, 2006.
15. S. Papert, "An exploration in the space of mathematics educations". *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, vol.1:1, pp. 95-123, 1996.
16. J.M. Wing, *Computational Thinking-What and Why?* Link Magazine, 2010 online: <http://www.cs.cmu.edu/link/research-notebookcomputational-thinking-what-and-why> (last visit: January 14th, 2015).