

UNIVERSITA' DI NAPOLI "FEDERICO II"



Tesi di Dottorato

Corso di Dottorato in Human Mind and Gender Studies

XXIX Ciclo

**Putting manipulation, grasping and sensing
in educational APPs for children**

Candidato

Raffaele Di Fuccio

Tutor

Orazio Miglino

Anno Accademico 2015/2016

Ad A.

Che mi ha illuminato la via

Indice

Indice	3
Abstract	7
Summary	9
1. Introduzione.....	10
2. Stato dell'arte.....	18
2.1. Pratiche psicopedagogiche a supporto delle didattica attiva	18
Il quadro generale	18
Interazione insegnante/discente	19
2.1.1. Approcci centrati sul <i>Learning By Doing</i>	21
2.1.2. Principi generali del Learning By Doing.....	27
2.1.2.1. Esperienze del modello Montessori	30
2.1.2.2. Esperienze di Munari	33
2.1.2.3. Esperienza di Papert.....	35
2.1.3. Piano di intervento per la costruzione di una piattaforma ibrida	37
2.1.3.1. Ruolo della manipolazione e dell'esperienza.....	37
2.1.3.2. Approccio ibrido – tecnologia/manipolazione	40
2.1.3.3. Caratteristiche principali degli ambienti d'apprendimento intelligenti	42
2.2. Stato dell'Arte tecnologico	53
2.2.1. Tecnologie dell'Internet delle Cose e tecnologie RFID	53
2.2.1.1. Applicazioni RFID nel campo dell'educazione	61
2.2.2. TUI – Interfacce Utente di stampo Tangibile	63
2.2.3. Lavori collegati	67
2.2.3.1. Il progetto Block Magic	67
2.2.3.1.1. La piattaforma BlockMagic	68

2.2.3.1.2.	La sperimentazione.....	70
2.2.3.2.	Il progetto INF@NZIA DIGI.tales 3.6.....	73
2.2.4.	Piattaforma del sistema Autore.....	75
3.	Piano di intervento per la costruzione di una piattaforma educativa	79
3.1.	Specifiche architettura generale	79
3.1.1.	Microgames (MG)	79
3.1.2.	Forma parallela	80
3.1.3.	Playground	81
3.1.4.	Tutoring Systems	81
3.1.5.	Utenti	82
3.1.5.1.	Discente.....	82
3.1.5.2.	Tutor Umano	82
3.1.6.	Scenario prototipico	84
3.2.	Costruzione e sviluppo di APP multimodali e multisensoriali -Analisi modellistica	85
3.3.	Modello operativo.....	89
3.4.	Scenario funzionale dell'utilizzo della piattaforma generale	92
4.	Prototipazione di Interfacce TUI.....	95
4.1.	Pin capacitivi.....	96
4.2.	Tavoletta RFID: l'Activity Board 1.0.....	103
4.3.	Libri Game.....	109
5.	Prototipazione di APP educative	111
5.1.	Costruzione di esercizi: il sistema autore.....	111
5.2.	Sniff.....	114
5.2.1.	Varie versioni	116
5.3.	Trova la nota.....	117

5.4.	STTory	118
5.5.	Storytelling multisensoriale.....	120
5.6.	English Words	123
6.	Studio sperimentale.....	125
6.1.	Materiali usati per la sperimentazione.....	125
6.1.1.	Cartaceo.....	126
6.1.2.	Touchscreen	127
6.1.3.	Multisensoriale.....	128
6.2.	Setting sperimentale.....	129
7.	Risultati	136
7.1.	Valutazioni qualitative.....	136
7.1.1.	Cartaceo	136
7.1.2.	Digitale.....	137
7.1.3.	TUI – Tangible User Interface	138
7.2.	Valutazioni quantitative	139
7.2.1.	Accettabilità per il gioco English Word	139
7.2.2.	Accettabilità per le storie di Biancaneve, Paperino e Topolino.....	142
7.2.3.	Apprendimento e memorizzazione	143
8.	Conclusioni e direzioni future	148
	Bibliografia	153
	Appendice 1: le tre storie di Paperino, Topolino e Biancaneve	162
	Storia di Paperino	162
	Primo quadro (Solo Touch o Multisensoria)	162
	Secondo quadro.....	162
	Terzo quadro	163
	Quarto quadro	163

Quinto quadro	164
Sesto quadro.....	164
Storia di Topolino	165
Primo quadro.....	165
Secondo Quadro (Solo Touch o Multisensoriale).....	165
Terzo Quadro	166
Quarto Quadro	166
Quinto quadro	167
Sesto quadro.....	167
Storia di Biancaneve	168
Primo Quadro (Solo modalità touch e multisensoriale).....	168
Secondo quadro.....	168
Terzo Quadro	169
Quarto Quadro	169
Quinto quadro	170
Sesto quadro.....	170
Appendice 2: Risposte per la memorizzazione delle storie	171

Abstract

La tesi ha come obiettivo di valorizzare pratiche psico-pedagogiche classiche utilizzando le nuove opportunità fornite dalla tecnologia e dagli strumenti digitali sempre più ubiquitari nella nostra società. La modalità individuata per connettere l'ambito digitale e quello fisico è attraverso lo sviluppo della multisensorialità e dunque la riscoperta dei sensi come l'olfatto, il gusto e il tatto nelle pratiche educative per bambini dai 6 agli 8 anni (primi tre anni della scuola primaria).

Per ottenere questo obiettivo si sono sviluppate metodologie e prototipi (sia hardware, che software – APP) fruibili dai bambini della scuola primaria.

In primo luogo è stato ideato, concettualizzato e sviluppato il modello dell'*Hyper Activity Book* (HAB), che rappresenta la porzione modellistica fondamentale a cui ispirarsi per l'implementazione di prototipi in un settore così delicato quanto cruciale, dove troppo spesso le applicazioni si sono fermate a miglioramenti puntuali e non sistemici. Il modello dell'*Hyper Activity Book* ha l'ambizione di formare uno schema entro cui poter applicare in maniera organica i principi del *Learning by Doing* in stretta comunicazione con il concetto degli ambienti didattici ibridi e delle interfacce-utente di stampo tangibile e dei moduli di Intelligenza Artificiale. A corredo del modello dell'HAB e sulla base dell'analisi dello stato dell'arte condotto, sono state prodotte delle linee guida per la progettazione di Ambienti Ibridi.

La ricerca ha permesso lo sviluppo di due hardware, che hanno rappresentato un'evoluzione e un miglioramento incrementale rispetto alle precedenti realizzazioni.

Si è sviluppato un algoritmo per il riconoscimento di oggetti fisici su schermi *touchscreen* grazie al loro posizionamento sugli stessi. Il prototipo, denominato TriPOD, contiene l'algoritmo che è in grado di riconoscere gli oggetti fisici sulla base della disposizione delle protrusioni capacitive (i pin capacitivi) in maniera univoca, collegando l'identificativo generato con un oggetto tangibile. Questo prototipo è funzionante e sebbene abbia necessità di divenire ancora più robusto in termini tecnici, è uno sviluppo interessante per le applicazioni nel settore dell'educazione e della riabilitazione, in grado di aprire nuovi scenari applicativi.

L'altro prototipo hardware, sviluppato nel percorso dottorale è rappresentato dall'Activity Board 1.0. La tavoletta attiva che sfrutta la tecnologia RFID è il miglioramento di precedenti versioni, attraverso un complesso e lungo lavoro di riaggiornamenti e miglioramenti incrementali. La nuova versione ha la possibilità di connettersi via Wi-Fi e contiene tutti i materiali al suo interno, fornendo una versione "portatile" e immediatamente fruibile in ogni contesto. La tavoletta ha raggiunto un ottimo grado di robustezza, tanto da permettere sperimentazioni senza bug di sistema e rimuovendo la maggior parte di problematiche tecniche. Un risultato è stato anche quello di ridurre drasticamente il costo del sistema, attraverso un'attenta analisi delle componentistiche sul mercato, con l'obiettivo di mantenere gli standard progettuali definiti dal modello HAB e i requisiti funzionali.

Ulteriore risultato del progetto è stato lo sviluppo di APP educative che sfruttano i principi della multisensorialità. Con queste APP educative si intende estendere il campo rispetto alla manualità che è stata centrale nei progetti precedenti (vedi BlockMagic). L'estensione nei confronti dell'udito, del tatto, del gusto e dell'olfatto hanno aperto nuovi scenari di opportunità per tutto il gruppo di ricerca, proponendo delle modalità di interazione ancora più aderenti alle pratiche psico-pedagogiche a cui si ispirano. Le APP educative si sono centrate sul metodo ibrido, di coniugazione tra mondo fisico e reale in campo didattico, creando applicazioni per l'educazione musicale, per l'educazione olfattiva e della conoscenza del mondo, per l'immersione nei processi di *storytelling*, per l'apprendimento dell'anatomia, per l'apprendimento delle lingue, per l'apprendimento dell'ortografia e per l'apprendimento dei rudimenti della matematica. In questa tesi sono stati presentati solo alcune delle APP educative sviluppate in questi tre anni.

A valle del processo è stata svolta una sperimentazione per verificare l'efficacia e l'accettabilità degli strumenti nei confronti di due modelli già utilizzati nelle classi e negli ambiti informati ossia lo strumento cartaceo e il tablet.

Per quanto riguarda l'accettabilità, gli strumenti multisensoriali sono emersi come i preferiti per il gruppo di partecipanti (121 bambini appartenenti a due scuole).

Per quanto riguarda l'efficacia, si è effettuato uno studio sulla memorizzazione di storie. I dati mostrano come le storie eseguite con il libro e con i materiali multisensoriali permettono un buon grado di memorizzazione mentre con il tablet il ricordo degli avvenimenti scende radicalmente.

Summary

La prima parte della tesi offre una panoramica sullo stato dell'arte delle ricerche in ambito psico-pedagogico più recenti, individuando quelle problematiche e quegli interrogativi da cui ha preso avvio la tesi.

Nel secondo capitolo si descrivono le linee guida basate sulle indicazioni ministeriali, che hanno funzionato da binario per la progettazione e l'implementazione delle Applicazioni e dei prototipi sviluppati nel corso del triennio della ricerca di dottorato.

Nello stesso capitolo vengono descritti gli strumenti tecnologici più idonei all'applicazione dei principi psico-pedagogici per permettere la creazione di ambienti in grado di connettere l'ambito digitale con quello fisico e tangibile. Viene offerta una review dei progetti considerati più rilevanti in questo ambito e che hanno avuto o hanno un impatto a breve termine.

Nel terzo capitolo viene presentata la modellazione dell'ambiente, con la proposta di un modello organico in grado di connettere gli esercizi didattici con ambienti ibridi (digitali e fisici allo stesso tempo) con tutor artificiali e sistemi di Learning Analytics.

Nel quarto capitolo viene dettagliata la progettazione dei prototipi e nel quinto sono descritte le applicazioni sviluppate sulla base del modello e delle linee guida individuate.

Nel sesto capitolo si analizza lo studio sperimentale pilota compiuto sui prodotti tangibili della ricerca, che ha previsto una parte sperimentale a scuola e successivamente vengono descritte le conclusioni.

Nel settimo capitolo vengono mostrati i risultati dello studio sperimentale condotto con 121 bambini.

L'ultimo capitolo è ad appannaggio delle conclusioni

1. Introduzione

Caro Lettore, hai inforcato gli occhiali? O non ne hai bisogno? Oppure semplicemente hai delle lenti a contatto per poter leggere il contenuto di questa tesi di dottorato?

Stai leggendo questo saggio grazie ad un dispositivo digitale come un pc o un tablet, oppure ne hai la versione cartacea e senti vibrare nell'aria l'odore della pagine o il calore della stampa appena uscita dalla fotocopiatrice?

In una qualsiasi di queste disposizioni, caro lettore, stai utilizzando degli artefatti che vengono riconosciuti (implicitamente) come protesi per permettere la lettura di questa tesi. “Protesi” di questo genere che sono state usate in tutte le ere: penne, fogli, bastoni da passeggio; sono tutti artefatti che “aumentano” le nostre possibilità fisiologiche e ci assistono nell'esecuzione di un particolare compito. Quando una tecnologia è isomorfa alle nostre strutture neurocognitive e/o senso-motorie non la consideriamo più una tecnologia ma l'estensione – appunto una protesi – del nostro sistema mente-corpo. La natura incarnata ed isomorfa di questi dispositivi, rispetto alle nostre strutture neurocognitive, comporta una facilità di comprensione e di utilizzo degli stessi. Questa osservazione poggia le sue basi teoriche sulla Embodied and Situated Cognition Theory (ESCT) (Clark 2008), sulle ricerche di neuroscienze che mostrano la presenza e i meccanismi funzionali dei neuroni-specchio (Rizzolati e Craighero 2004) e sulle teorie psicologiche classiche che focalizzano l'attenzione sull'utilizzo di oggetti, artefatti e tecnologie sia concreti che astratti (ad esempio Piaget 1964; Bruner 1990).

Ma intendo protendermi, appunto tendermi oltre – rimanendo nel campo semantico della protesi – agli artefatti di ieri per raggiungere i nostri giorni. Attualmente gli artefatti tecnologici stanno aumentando esponenzialmente e ci aiutano a semplificare la vita nel lavoro, nelle relazioni e nell'esecuzione di compiti quotidiani, accorciando le distanze, riducendo le nostre necessità di calcolo e permettendoci di eseguire operazioni complesse di ogni tipo (non solo di stampo matematico) con semplici gesti.

Il computer ormai è ubiquitario nelle vite della maggior parte della popolazione mondiale, con il “timone-mouse” utilizzato senza sforzi da persone di tutte le età. Tanto semplice da far coniare motti e modi di dire per indicare la implicita semplicità senza quartiere: “È a portata di click!”, “Basta un click” e così via.

Il personal computer, però, già rappresenta qualcosa di superato. Dispositivi più intelligenti, più portabili, più *smart* stanno invadendo le nostre case e le nostre relazioni. È sufficiente salire su un mezzo pubblico o stazionare in una stanza d'aspetto per rendersi conto di quanto questi sistemi siano pervasivi e abbiano penetrato la società: è difficile trovare qualcuno che non stia con il viso rivolto verso uno schermo illuminato. Ma niente paura, non è in corso una rivoluzione epocale. Non è nulla di differente da quello che succedeva in un recentissimo passato dove gli schermi erano semplicemente sostituiti da riviste, libri, giornali. Tablet, *smartphone*, *e-book reader* stanno divenendo sempre di più protagonisti delle nostre giornate e del nostro lavoro.

Questi strumenti vengono utilizzati da persone di tutte le fasce d'età, compresi i bambini. I bambini, i cosiddetti "nativi digitali", si trovano immersi in un mondo in grande parte a matrice digitale, e iniziano ad esplorare le loro immense opportunità. Il tablet per il bambino diventa un contenitore, una "scatola magica", che produce suoni e colori in modalità coordinata all'interazione proposta. Coniuga la televisione, attraverso l'utilizzo massiccio dello streaming online utilizzando applicazioni come Youtube (Hourcade et al. 2015), con canali che aderiscono alle richieste dei bambini; e una scatola dei giochi, con applicazioni attraenti e colorate che permettono un'interazione diretta tramite le mani, in particolare le dita (tecnologia touchscreen). Il gioco diventa dinamico ed interattivo, e con lo stesso strumento, si hanno letteralmente a portata di mano più versioni: si ha l'opportunità di giocare con un animale parlante e un attimo dopo di far correre un macchinina (virtuale) in una pista da corsa.

I bambini, dunque, si trovano ad approcciare nuovi e differenti stimoli rispetto a quelli sperimentati dalle generazioni precedenti. In questa sede l'intento non è quello di demonizzare o promuovere le nuove tecnologie in maniera acritica, ma di indagare lo stato dell'arte e proporre delle soluzioni innovative per sfruttare al meglio le potenzialità di queste nuove tecnologie senza dimenticare il bagaglio di conoscenze psico-pedagogiche a nostra disposizione. In particolare risulta evidente il potenziale impatto delle tecnologie "digitali", di video-scrittura e di video-lettura sull'apprendimento dei bambini in età prescolare e successivamente scolare.

La diffusione dei tablet nella prima infanzia apre delle opportunità e pone degli interrogativi sull'impatto nello sviluppo socio-cognitivo dei bambini. Tra gli aspetti discutibili possiamo annoverare i disturbi relazionali, in particolare l'isolamento, in

quanto il bambino ha un'interazione uno-ad-uno con il tablet, in cui tende ad essere immerso avendo una minore percezione del mondo circostante. Questo può comportare una maggiore focalizzazione nell'esecuzione di un eventuale esercizio, ma isolare il discente diminuendo la componente relazionale con i pari.

Altro aspetto da sottolineare è l'emergenza di disturbi grafo-motori dovuti all'abitudine all'utilizzo di strumenti *touch*: diventa sempre più comune un'impugnatura differente da quella classica con la congiunzione delle tre dita sulla penna e dalle altre tre tipologie classificate come mature (Schwellnus, et al. 2012). Il controllo fine nella manipolazione non viene stimolato sufficientemente mentre l'elemento principe del controllo diviene il puntamento.

Infine l'altro elemento negativo, che è in parte collegato alle difficoltà relazionali, è quello dovuto alla dipendenza. Spesso le APP che vengono proposte ai bambini sono progettate per risultare attraenti e magnetiche, con sistemi a premi e livelli, determinando un rischio di abuso nell'utilizzo. I tre elementi che guidano questa dipendenza (Tam, Walter, 2013) sono:

- Il flusso: ossia la struttura con un'appropriata curva d'intrattenimento, che produce un obiettivo a breve gittata, raggiungibile nel passo successivo;
- Il “*Fiero*”: che rappresenta la parola spagnola che denota la gioia di raggiungere un obiettivo, ossia la ricompensa – anche in termini neurochimici – dell'ottenimento del risultato;
- La frustrazione o il fallimento divertente: la percezione per il giocatore di essere vicino al risultato, nonostante non lo raggiunga, e al tempo stesso di poterlo potenzialmente guadagnare nel prossimo tentativo.

A corredo di questi elementi negativi vi sono alcuni aspetti interessanti. Il più evidente è quello della velocizzazione dei processi. La velocizzazione si può esplicitare sia nell'esecuzione di un test o di un testo scritto rispetto ai tradizionali riferimenti a carta e penna (Wollscheid, et al. 2016) sia nella velocizzazione di alcuni processi di decision making. Gli elementi trattati sono brevemente riassunti nella Figura 1.

In sostanza sembrerebbe che il tablet potenzi l'aspetto cognitivo a discapito della dimensione fisica e relazionale dei processi di apprendimento/insegnamento

Ciò avviene perché la tecnologia del tablet si esplica attraverso una singola modalità, mono-modale, grazie al puntamento attraverso le dita su supporti predisposti alla tecnologia touchscreen. Dal punto di vista sensoriale investe solamente due canali in maniera preponderante, quello uditivo e quello visivo.

Aspetti negativi	Aspetti positivi
Disturbi relazionali (isolamento)	Accelerazione nell'acquisizione di alcune funzioni cognitive
Disturbi grafo-motori	Velocizzazione di alcuni processi di decision making
Dipendenza	

Figura 1: Elementi positivi e negativi dell'utilizzo del tablet nella prima e nella seconda infanzia

Quali possono essere dunque le strategie per affrontare un panorama come quello descritto?

I percorsi che vengono comunemente promossi sono tre.

Il più avveniristico promuove l'inserimento del tablet nelle attuali metodologie didattiche. Non è solo il tablet come strumento il protagonista di queste dinamiche, ma sono tutte le attività di stampo "digitale" che iniziano a sostituire i materiali tradizionali. L'assunto su cui si fonda questo approccio è molto pragmatico e orienta a preparare le nuove generazioni ad affrontare una realtà sempre più permeata dalle tecnologie digitali, dove le competenze digitali diventano cruciali per il successo nel mondo del lavoro e per la gestione quotidiana delle attività. È un processo che non riguarda un piccolo gruppo di favorevoli alla tecnologia ma si allarga a macchia d'olio, fino a raggiungere le pratiche e le routine delle istituzioni dei ministeri della Pubblica Istruzione. Il caso emblematico è quello della Finlandia, nazione che brilla nei rapporti OSCE PISA per l'efficienza e

l'efficacia dei suoi sistemi di istruzione¹. Nelle scuole finlandesi è stata tolta l'obbligatorietà della scrittura a mano favorendo l'applicazione di metodologie digitali e di video-scrittura.²

La Finlandia non è sola in questo cambiamento. Dall'altra parte dell'Oceano Atlantico troviamo lo stesso processo promosso da numerosi stati degli USA, che hanno adottato il *Common Core curriculum* nel 2012 che sancisce l'obbligatorietà della scrittura a mano fino alla prima elementare.³

Come sintomo di risposta l'altro approccio è quello di un proibizionismo stringente o di movimenti di opposizione alle nuove proposte dei dipartimenti dell'educazione. Senza spostarci dai casi già citati, negli Stati Uniti d'America è nata la Campagna per il Corsivo⁴ attraverso eventi come l'Handwriting Day, che cercano di opporsi alle lacune dell'insegnamento di questa pratica.

Infine può esserci un percorso ibrido che intende coniugare le nuove tecnologie digitali, sviluppando tecnologie *multimodali* e *multisensoriali* integrate con le pratiche psicopedagogiche consolidate. L'idea è quella di sfruttare le potenzialità dei sistemi digitali e delle TIC (Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione) con il mondo esterno centrando l'attenzione sulla manualità e sull'approccio olistico a tutti i sensi.

Una strategia possibile è quello di ispirarsi alle pratiche della pedagogia Montessoriana (descritte nel Capitolo 2). I materiali didattici montessoriani rappresentano la prima tecnologia dell'apprendimento progettata per i bisogni educativi dell'infanzia. I materiali di ispirazione montessoriana si basano su tre principi fondamentali

a) sono multi-modali, in quanto, sebbene il materiale ha una sempre una sua funzione ben delineata, è possibile interagirvi in differenti modi;

b) sono multi-sensoriali, ossia stimolano tutti i sensi; non solo la visione e l'udito, ma anche l'olfatto, il gusto e il tatto; spesso trascurati nell'ottica dei tablet;

¹ <https://www.oecd.org/pisa/keyfindings/pisa-2012-results-overview.pdf>

² http://www.repubblica.it/esteri/2015/01/13/news/finlandia_-104871272/

³ <http://news.blogs.cnn.com/2011/07/08/educators-warn-of-negative-effects-of-not-teaching-cursive-in-schools/comment-page-11/>

⁴ <http://www.campaignforcursive.com/>

c) stimolano la relazioni con il mondo fisico e con altri esseri umani (adulti e bambini) in quanto la loro esecuzione è spaziale e promuove la collaborazione tra pari e con gli insegnanti/facilitatori.

La diffusione attuale di tali pratiche, soprattutto in Italia, non è capillare. La più grande limitazione è generata dall'alto costo "d'esercizio". Infatti queste pratiche possono essere eseguite solo con la supervisione di un adulto e in piccolissimi gruppi (un insegnante per 3-4 bambini al massimo), aumentando i costi e prevedendo delle aree predisposte e opportunamente progettate per permettere l'esecuzione delle attività didattiche montessoriane.

Questa limitazione può essere superata grazie all'utilizzo di strumenti digitali, che sfruttano il potenziale della multi-modalità e della multi-sensorialità al fine di sviluppare strumenti che si ispirano alle pratiche della didattica attiva e dell'apprendimento attraverso il fare.

Il collegamento tra il virtuale e il reale potrebbe avvalorare il virtuale, non come mero strumento di immersione, ma come elemento in un ecosistema strutturato di cui il tablet è semplicemente una componente nell'ottica dell'Internet of Things (IoT), o in italiano, Internet delle Cose (Conati 2009; Aztori et al. 2010).

Attualmente, le tecnologie stanno divenendo sempre più mature per sviluppare nuovi prototipi che sono in grado di connettere più dispositivi o di "aumentare" la realtà attraverso artefatti tecnologici.

Nel solco di questo contesto si sono sviluppate aree di ricerca specifiche come la Realtà Aumentata (Augmented Reality – AR) che mira a sviluppare tecnologie e sistemi con la finalità di migliorare l'esperienza "reale" attraverso la mediazione di un dispositivo digitale in grado di portare in evidenza aspetti precedentemente non riscontrabili. È di dominio pubblico il successo planetario dell'applicazione di Realtà Aumentata per smartphone e tablet, PokemonGo, che sfrutta, appunto, questa tecnologia per permettere agli utenti di esplorare lo spazio reale attraverso la propria lente digitale e poter trovare al suo interno dei personaggi virtuali perfettamente "incastonati" nella scena. La natura esplorativa e la navigazione – componente già fortunata nell'espansione del World Wide Web – sono i due elementi che ne consentono il successo così diffuso e la natura user-friendly (Miglino, Bartolomeo, Ponticorvo, 2009).

Una branca di sicuro interesse nella discussione di questa tesi è quella delle Interfacce Tangibili per la Realtà Aumentata (Tangible AR Interfaces) (Billinghurst, Kato, Poupyrev, 2008) che si focalizza su tutti quei dispositivi in grado di aumentare la realtà attraverso schemi digitali utilizzando strumenti di tipo tattile e controllabili all'utente esterno. In questo modo, l'utente, grazie a dispositivi tangibili e fisici, è in grado di interagire con lo strumento digitale comportando un'azione sulla realtà virtuale. Questo tipo di approccio si fonda sul ruolo centrale della manipolazione di oggetti e artefatti, che devono essere a disposizione dell'utente.

Proprio nello sviluppo cognitivo del bambino, il ruolo della manipolazione è centrale. Il bambino incomincia a conoscere il mondo attraverso i sensi, toccando e interagendo con gli oggetti alla sua portata. Alcune pratiche psico-pedagogiche sono proprio basate sulla centralità della manipolazione e conseguentemente sull'apprendimento attraverso il fare (Learning By Doing), di cui rappresenta un degno rappresentante la didattica Montessoriana.

La presente tesi persegue, dunque, lo scopo di strutturare modelli e prototipi per il potenziamento di tutti i sensi, nell'alveo della teoria dell'Embodied Cognition, attraverso lo sviluppo di sistemi innovativi che coniughino le potenzialità del tablet dal punto di vista dell'interazione, secondo l'ottica delle Tangible User Interfaces (TUI) per l'ambito educativo, in particolare rivolte ai bambini in età scolare.

Il sistema proposto e descritto nei capitoli seguenti ha lo scopo di coniugare vari elementi:

1. Interfacce tangibili che sfruttino la multisensorialità;
2. Elementi Touchscreen;
3. Sistemi di Tutoraggio Umano supportati da elementi di tutoraggio artificiale
4. Gestione della piattaforma sia in ambiente formale che informale;
5. Semplicità d'uso;
6. Applicazioni di stampo didattico, sulla base degli esercizi utilizzati nelle classi scolastiche

La tesi è stata sviluppata in parallelo con il progetto Inf@nzia Digitalis 3.6⁵, sposandone alcuni obiettivi programmatici e preliminari. Il progetto ha rappresentato il motore di partenza, che a sua volta ha beneficiato dei risultati ottenuti dalla tesi, in uno scambio reciproco e scientificamente proficuo.

⁵ Il progetto INF@NZIA DIGI.tales 3.6 (migliorare l'apprendimento tra i 3 e i 6 anni) è finanziato dal Ministero dell'Istruzione, Università e Ricerca nell'ambito della call denominata Smart Cities and Communities and Social Innovation – PON – Ricerca e Competitività.

2. Stato dell'arte

2.1. Pratiche psicopedagogiche a supporto delle didattiche attive

Il quadro generale

I bambini tendono ad apprendere e a interagire con il mondo che li circonda in un tempo relativamente breve. Questo risultato è ottenuto sulla base dell'esplorazione dello spazio e delle relative attività. I bambini appena nati usano la bocca, la pelle e gli occhi per iniziare l'esplorazione del mondo e via via si vanno formando azioni motorie sempre più complesse e ben strutturate quali il toccare gli oggetti, il muoverli nello spazio, il puntare qualcosa, la locomozione a gattoni e poi su due gambe, la corsa, ecc. Queste attività sono strettamente correlate al supporto dei processi d'apprendimento, che diventano atti simbolici e cognitivi durante il processo di crescita attraverso un meccanismo di simulazione nella mente delle singole attività. L'atto, dunque, diviene centrale, e ha un ruolo determinante in ogni fase dell'individuo, come teorizzato dalla teoria denominata *Embodied and Situated Cognition Theory, ESCT*, (Clark, 2008; Pfeifer et al., 2007; Shapiro, 2011). L'importanza della manipolazione diretta di oggetti e strumenti fisici e reali diviene uno strumento di conoscenza determinante che permane durante tutte le fasi della vita dell'individuo.

Un altro aspetto particolarmente rilevante è quello della personalizzazione delle attività di apprendimento al fine supportare opportunamente i processi didattici. Ogni discente/bambino ha bisogno di essere stimolato sul piano delle intelligenze multiple (Gardner, 2000), attraverso attività che siano adatte al proprio stile cognitivo, grazie alla stimolazione dei preferiti canali sensoriali.

Infine, durante l'apprendimento, la stimolazione sensoriale permette una maggiore focalizzazione rispetto al compito effettuato e, quindi, produce un apprendimento che va ad intercettare differenti piani.

Principi della didattica attiva

Gli approcci psico-pedagogici come quello di Montessori (1994) sono strutturati per promuovere un coinvolgimento attivo dei bambini, cooperazione tra pari, scoperta e manipolazione diretta di oggetti fisici. Gli oggetti utilizzati in questo tipo di didattiche

sono progettati con la finalità di far apprendere attraverso lo sviluppo di specifiche funzioni percettive, cognitive e motorie.

Solitamente questi materiali sono disposti all'interno di un ambiente di apprendimento (una classe, una stanza, una ludoteca, ecc.) che deve essere strutturato secondo criteri specifici, tra cui stimolare e supportare l'atto proattivo nel processo di apprendimento. Questo tipo di approccio però si esplica andando a stimolare in maniera personalizzata ogni bambino secondo la sua specifica intelligenza, proponendo all'insegnante la sfida di sviluppare un percorso apprenditivo unico per ogni discente. L'insegnamento in questa visione può essere possibile solo in una forte corrispondenza con l'ambiente, che deve essere pensato per stimolare attività diversificate e personalizzate.

In generale le pratiche centrate sull'apprendimento attivo stimolano la concreta partecipazione dei discenti, e al tempo stesso permettono la personalizzazione dei processi di apprendimento.

Il ruolo relazionale

Le ricerche nel campo delle neuroscienze, della psicologia e pedagogia (Vygotskij 1978; Varela, Thompson, Rosch, 1991) dimostrano che lo sviluppo socio-cognitivo di ogni essere umano è connesso a doppio filo con la possibilità di una continua e giornaliera interazione con altri individui (genitori, insegnanti, pari, ecc.). Questo elemento diventa particolarmente importante nelle prime fasi della vita. I contatti aiutano l'infante ad orientare le proprie azioni al fine di sviluppare competenze sociali e cognitive. Nei contesti di apprendimento di stampo formale, tradizionalmente considerate la scuola e l'università, i programmi stabiliti dai ministeri sono centrati sull'insegnamento più che sul learner e dispongono l'uso di materiali di apprendimento.

Interazione insegnante/discente

La relazione tra insegnante e studente è determinante e universalmente riconosciuta come una delle chiavi per il successo del processo di apprendimento. Questo tipo di elemento è argomentato dagli approcci psico-pedagogici introdotti in questa sezione e che verranno ampiamente descritti nella prossima.

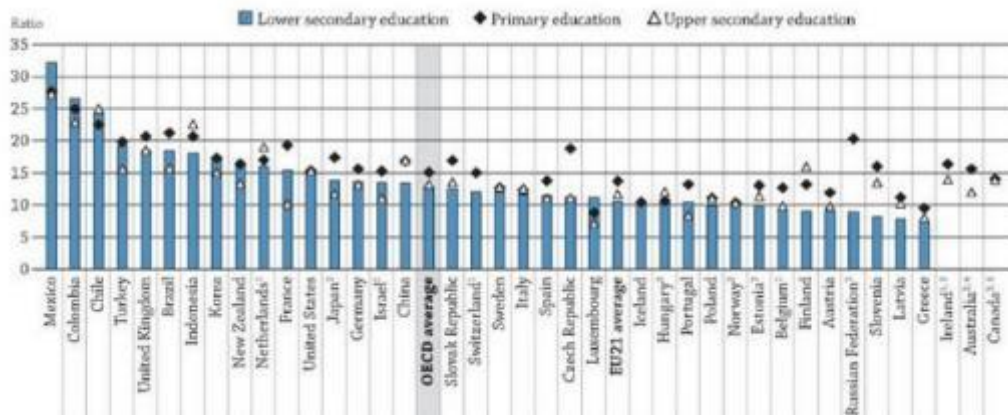


Figura 2: Rapporto studenti insegnanti per livello di educazione

Le pratiche basate sull'apprendimento attivo e sulla personalizzazione delle attività prevedono una costante supervisione del tutor, che può essere l'insegnante, l'educatore o anche il genitore stesso. La supervisione costante ha un ruolo direttivo e di supporto, come una sorta di figura di 'assistente all'apprendimento', che media e facilita l'esplorazione e il gioco educativo. Il problema storico di questi approcci, tuttavia, è rappresentato dall'alto costo in termini di relazioni richieste tra insegnanti e bambini, un costo che oggi possiamo abbattere attraverso l'uso di tecnologie intelligenti. A livello Europeo, possiamo citare lo studio dell'OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development in the Education at a Glance 2015 report)⁶, a cui fa riferimento l'immagine riportata in Figura 2, in cui si esplora il rapporto tra studenti e insegnanti. Nella scuola primaria in media ci sono 15 studenti per ogni insegnante, con una forbice che oscilla tra i 28 bambini per studente in Messico ai 10 o meno in Grecia, Islanda, Lussemburgo e Norvegia. Questi dati chiariscono quanto sia complesso, se non impossibile, tradurre in pratica nei contesti educativi scolastici la personalizzazione dei piani di apprendimento. Un quadro che diventa ancora più complesso in contesti svantaggiati.

L'idea è dunque di unire i presupposti psico-pedagogici basati sulla interazione fisica e creativa (elencati in seguito) con nuove tecnologie intelligenti basate su interfacce uomo-computer sempre più naturali (per es. sistemi tattili, realtà aumentata, riconoscimento automatico del parlato, riconoscimento automatico della scrittura a mano, riconoscimento dei gesti e del movimento, oggetti intelligenti – smart –, sistemi tutoriali adattivi, ecc.). In questa maniera è possibile abbattere drasticamente i costi, colmando così la distanza tra le diverse istanze educative e tracciando un solco unitario in cui diversi percorsi di

⁶ <http://www.oecd.org/edu/education-at-a-glance-19991487.htm>

apprendimento si intrecciano dalla scuola alla famiglia al contesto urbano di riferimento senza soluzione di continuità, attraverso modalità e possibilità espressive impensabili solo qualche anno fa.

Inoltre, già dai primi anni di vita i bambini entrano in contatto con ambienti formativi diversi dalla scuola e dalla famiglia, quali le ludoteche, gli *science center* o i musei con sezioni appositamente dedicate all'infanzia, le palestre, i corsi di gruppo di lingua straniera, i dopo-scuola (agenzie educative extrascolastiche).

Nell'istituzione scolastica, si pone ad essere una nuova sfida che potrebbe essere affrontata con l'ausilio delle nuove tecnologie: i bambini in una scuola multi-etnica, multiconfessionale e multiculturale possono trovare possibilità di confronto immediato dando spazio alla naturale tendenza all'interazione attraverso gesti, movimenti, azioni e superando gli eventuali problemi linguistici.

Al fine di realizzare un potenziamento dei processi di insegnamento e apprendimento rivolti all'età dell'infanzia fondato sull'utilizzo delle nuove tecnologie, occorre avere un quadro di riferimento armonico e solido costituito da una visione generale e aggiornata delle teorie dello sviluppo psico-cognitivo, delle concrete pratiche o attività didattiche correntemente in uso e delle attuali possibilità che il mondo della ricerca tecnologica ci offre.

2.1.1. Approcci centrati sul *Learning By Doing*

La tecnologia è sempre più protagonista delle nostre giornate, nella nostra vita quotidiana. Se apprendiamo nei contesti che viviamo, ne consegue che apprendiamo anche attraverso le tecnologie che usiamo. Come già anticipato precedentemente sono tecnologie il libro, la lavagna tradizionale o la penna a sfera, che svolgono la funzione di prolungamento della nostra mente e del nostro corpo aumentando le nostre capacità. Cambiano i modi di eseguire determinati compiti e tutte le generazioni nate nel vecchio millennio sono state costrette in modo più o meno velato ad adattarsi. Invece le nuove generazioni, i cosiddetti nativi digitali, sono cresciuti direttamente con le nuove tecnologie e le hanno apprese in parallelo alle prime funzioni motorie e di vocalizzazione. È dunque chiaro che la didattica sia influenzata dall'attuale velocizzazione del progresso tecnologico e, di conseguenza, anche le pratiche psico-pedagogiche. Le opportunità per gestire l'insegnamento tramite l'utilizzo della tecnologia impattano sull'apprendimento di ogni

tipologia di discente, senza limiti d'età. In questo panorama non è esclusa la fascia della prima e seconda infanzia, che sono state sensibilmente influenzate nella didattica nell'utilizzo delle cosiddette TEL (*Technology Enhanced Learning*), ossia le tecnologie in grado di potenziare l'apprendimento.

L'esplorazione del mondo grazie ai sensi corporei rappresenta la prima frontiera d'indagine per i neonati. Questo tipo di processo si esplica immediatamente, prima dello svolgimento dei primi passi e delle prime parole. Come detto i sensi e l'interazione con il mondo sono le "antenne" con cui i bambini indagano e scoprono la realtà, attraverso la manipolazione, il contatto con gli oggetti, la ricerca del gusto, la stimolazione olfattiva guidano l'apprendimento nelle prime fasi. Con la crescita, gli atti manipolativi "concreti" vengono gradualmente "simulati" nella mente umana e diventano atti simbolici e cognitivi. Il corpo però, mantiene il suo ruolo determinante per i processi di apprendimento, attraverso la "sensoristica" corporea e si esplica quando le condizioni al contorno risultano favorevoli. Negli ultimi anni, l'*Embodied and Situated Cognition Theory (ESCT)* ha teorizzato quali correlazioni ci sono tra le nostre interazioni sensorie con l'ambiente e l'organizzazione delle nostre strutture neuro-cognitive. Collegato a questo lavoro, è stato oggetto di indagine il sistema neurale dei neuroni specchio (Rizzolatti, Craighero 2004) per la gestione e il riconoscimento degli atti deputati al movimento e della automatica simulazione come forma implicita di comprensione e anticipazione delle azione altrui (Gallese et al. 1996). In particolare

"Il meccanismo specchio costituisce la base per la simulazione incarnata, cioè per l'attivazione degli stessi circuiti nervosi che mediano le nostre sensazioni corporee alla vista delle esperienze corporee altrui." (Romano, 2016 p 34).

Un altro studio rilevante in questo ambito è quello di Clark (2008) in cui si focalizza l'attenzione sulla dualità tra l'interazione con l'esterno e la ripetitività delle azioni che generano e gestiscono il meccanismo, la modalità di ragionamento e la successiva variazione. Sono questi meccanismi che permettono di elaborare le informazioni, di creare connessioni di ragionamento e permettere la creazione di nuovi pensieri. Risulta interessante rileggere i contributi classici della letteratura in questo ambito alla luce delle prospettive generate dall'*Embodied and Situated Cognition Theory*. L'elemento di novità è la centralità dell'ambiente e la sua interazione con oggetti, artefatti, tecnologie e substrati culturali concreti o astratti.

Piaget (1926, 1936), con la sua teoria stadiale dei processi di sviluppo e di apprendimento dell'individuo, riconosceva la centralità della maturazione dei processi cognitivi, fino all'acquisizione del pensiero logico astratto, ma sottolineava l'influenza dei fattori ambientali per lo sviluppo dei neonati e dei bambini nella crescita cognitiva. Gli artefatti cognitivi di Papert (1993), che verranno ripresi più avanti, assumono una nuova ottica, come oggetti atti all'apprendimento dovuti all'interazione con l'ambiente attraverso delle rappresentazioni che servono appunto per lo sviluppo. Bruner (1990) centra il processo apprenditivo sulla base del ruolo attivo del discente: egli riconosce che ogni atto di apprendimento è un atto di costruzione di significato a partire dalle stimolazioni che derivano dal nostro essere nel mondo e dal muoverci in esso. I suoi studi sulla percezione hanno dimostrato quanto nel processo di costruzione di significato i nostri schemi concettuali e percettivi, precedentemente sviluppati a partire dalle nostre esperienze, influenzano e impattano sui processi percettivi attuali, comportando talvolta anche delle distorsioni. Questo tipo di apprendimento e il conseguente sviluppo cognitivo non possono prescindere dagli aspetti sociali e motivazionali. La motivazione guida il discente e in particolare Bruner rintraccia tre forme di partecipazione, ovvero:

1. L'azione
2. Il linguaggio
3. L'immagine

Esse si esprimono all'interno di un contesto sociale per cui la conoscenza umana viene informata dalla cultura attraverso simboli e convenzioni condivise nella stessa misura in cui viene guidata da fattori individuali. La cultura trova così spazio nella vita mentale di ogni soggetto, e l'intelligenza stessa si basa sull'interiorizzazione degli strumenti che una certa cultura propone. L'apprendimento è, quindi, un processo propriamente attivo nel quale il discente definisce nuove idee o concetti utilizzando gli strumenti che sono forniti dal sistema stesso a cui egli appartiene. L'apprendimento è inserito in una serie di pratiche socialmente e culturalmente determinate, come leggere, scrivere, eseguire operazioni aritmetiche, a cui le nuove tecnologie possono aggiungerne di nuove. È pertanto un fenomeno sociale in cui intervengono molti elementi intrinsecamente attivi: il linguaggio, le strumentazioni, le immagini, i ruoli sociali, i sistemi di giudizio, le regole e gli stili di vita e così via.

Vygotskij (1978) è considerato il primo psicologo culturalista, per la grande rilevanza che riconosce al ruolo della cultura e delle stimolazioni ambientali nello sviluppo dei processi di apprendimento degli individui. Nella dinamica da forme semplici e naturali a forme di ordine superiore di stampo culturale, Vygotsij riconosce l'apprendimento come un meccanismo che si produce dall'esterno verso l'interno, attraverso l'interiorizzazione degli artefatti simbolici, materiali e culturali. Nella teorizzazione di Vygotskij è presente anche l'intuizione della zona di sviluppo prossimale, intesa come la zona cognitiva entro la quale uno studente riesce a svolgere con il sostegno (scaffolding) di un adulto o in collaborazione con un pari più capace, attraverso la mediazione degli scambi comunicativi, compiti che non sarebbe in grado di svolgere da solo. È nel momento in cui agisce socialmente con il linguaggio che egli si appropria di nuovi strumenti cognitivi che gli serviranno ad alimentare un 'agire linguistico interiore', il quale gli permetterà di risolvere in maniera autonoma problemi analoghi a quelli affrontati con altri.

Così Vygotsky definisce la zona di sviluppo prossimale:

"[...] è stato notato che, per individuare esattamente il rapporto tra sviluppo e apprendimento, non è sufficiente definire il solo grado dello sviluppo, ma almeno due termini di esso, senza i quali non potremo in alcun modo sperare di trovare il nesso fra il corso dello sviluppo e la possibilità di un apprendimento. Chiameremo il primo di questi livelli, livello dello sviluppo attuale del bambino, al quale corrisponde cioè, il grado di sviluppo raggiunto dalle funzioni psichiche del bambino come risultato di determinati cicli dello sviluppo stesso già conclusi" (1978, p. 303).

Tuttavia se un adulto sedesse accanto al bambino e gli insegnasse qualcosa, il bambino per imitazione potrebbe fare cose che da solo non sarebbe capace di fare. Lo spazio tra ciò che il bambino sa fare da solo e ciò che potrebbe fare se guidato, segna la zona di sviluppo prossimale. Tale dislivello è la

"divergenza tra il livello della soluzione dei compiti svolti sotto la guida o con l'aiuto degli adulti e quelli svolti da solo, definisce la zona dello sviluppo potenziale del bambino... Quello che il bambino rivela di essere in grado di fare con l'aiuto dell'adulto delimita la zona del suo sviluppo potenziale. Con questo metodo dunque possiamo tenere conto non soltanto del processo dello sviluppo già attuatosi, non soltanto di quei cicli di esso che si sono già conclusi e di quei processi di maturazione che si sono già verificati,

ma anche di quelli che si trovano in una fase di assestamento, che si stanno evolvendo e si avviano a maturazione.

Quello che oggi il bambino è in grado di fare con l'aiuto degli adulti, domani potrà compierlo da solo. Cosicché la zona dello sviluppo potenziale ci aiuta a conoscere anche il domani dello sviluppo del bambino, la dinamica dello sviluppo, prendendo a considerazione non i risultati già ottenuti, ma anche quelli che sono in via di acquisizione” (ivi, pp. 304-305).

La teorizzazione di Bruner sul ruolo degli artefatti simbolici e culturali si spinge al riconoscimento dell'importanza della dimensione della condivisione e dello scambio sociale. A partire da quest'assunto, diventa centrale il dispositivo narrativo come dispositivo interpretativo e conoscitivo: distinguendo tra pensiero logico e pensiero narrativo, il pensiero narrativo consente di organizzare l'esperienza e costruire significati condivisi. Questa capacità è connaturata all'uomo e si manifesta fin dall'infanzia, età nella quale il bambino partecipa dei significati e degli artefatti che sono propri del suo gruppo e della sua cultura di appartenenza.

La portata educativa della narrazione sta nell'aspetto di creatività e di generatività: ogni atto narrativo è un processo didattico e di sviluppo in cui il narrante, il bambino e i bambini, compie un'azione conoscitiva volontaria e attiva

La creatività, che si può sviluppare e stimolare anche con l'utilizzo di specifici strumenti all'interno di precise prassi, dà spazio al cosiddetto “pensiero laterale”, termine coniato da De Bono (2004) per descrivere la logica che viene applicata per cercare di risolvere i problemi utilizzando metodi non ortodossi o, a prima vista, illogici. Il “pensiero laterale”, infatti, pur apparendo illogico, segue in realtà una logica diversa, ad esempio una logica percettiva. In linea con questo punto di vista ritroviamo la teoria delle intelligenze multiple di Gardner (2006), che rappresenta un contributo imprescindibile per un approccio personalizzato all'apprendimento. Negli ultimi decenni il concetto di intelligenza come unica capacità generale e come tratto genetico innato viene messo in discussione, mentre si fa strada l'idea di intelligenza articolata in diversi tipi di funzioni, rappresentazioni mentali, idee, immagini, linguaggi. Secondo Gardner, gli esseri umani possiedono almeno otto forme separate di intelligenza, ciascuna delle quali è rappresentata in aree diverse a livello encefalico. In particolare vengono distinte:

1. l'intelligenza linguistica;
2. l'intelligenza logico-matematica;
3. l'intelligenza spaziale/visiva;
4. l'intelligenza musicale;
5. l'intelligenza corporeo-cinestetica;
6. l'intelligenza naturalistica;
7. l'intelligenza intrapersonale;
8. l'intelligenza interpersonale.

La differente combinazione in ognuno del livello di queste intelligenze definisce la specificità dei singoli individui (Gardner, 2006). L'assetto stesso delle intelligenze individuali non è statico, ma è dinamicamente in evoluzione per effetto delle esperienze e degli apprendimenti. Le implicazioni educative che derivano da tale visione dell'intelligenza sono di enorme portata. Se ognuno ha una propria 'impronta intelligente' in virtù della quale percepisce e risponde in modo specifico a stimoli linguistici, matematici, visivi, emotivi, le tecnologie per l'educazione dovrebbero offrire al discente la possibilità di costruire il proprio personalissimo percorso, basandosi su questa personalissima costellazione di intelligenze. Il rovescio della medaglia è che l'enorme variabilità dei profili intellettivi e di personalità degli individui rende quasi impossibile trovare un'attività che sia appagante per tutti, a scapito del cruciale aspetto motivazionale ed emotivo.

Risulta, perciò, di primaria importanza differenziare e personalizzare i percorsi educativi per facilitare l'apprendimento e gli strumenti che intendiamo proporre e che possono essere funzionali e utilizzabili. Recentemente il dibattito relativo all'approccio teorico dell'ESCT ha trovato applicazione anche in ambito pedagogico. Quindi, oltre che in ambito psicologico, in ambito pedagogico numerosi contributi hanno sottolineato l'importanza di sviluppare processi di apprendimento per un individuo attivo, sfruttando il contesto sociale ed ambientale in cui è inserito con la relativa dotazione di strumenti e artefatti. Il primo fra tutti è sicuramente Rousseau (1762), per il quale l'educazione si basa sullo sviluppo degli aspetti senso-motori (prima fase nell'educazione di Emilio), ma non vanno dimenticati Frobel (1895) che sottolinea l'importanza dell'espressione del bambino attraverso l'attività ludica, e la pietra miliare costituita dal lavoro di Montessori (1995, 2004), il cui metodo si basa sul rispetto per il naturale sviluppo psicologico del bambino che viene favorito attraverso la possibilità di scegliere autonomamente,

all'interno di una serie di opzioni prestabilite, l'attività da svolgere, abbracciando il modello costruttivista secondo cui si apprende attraverso il contatto diretto e il lavoro con gli oggetti, piuttosto che con istruzione diretta. Il materiale didattico proposto da Montessori e dai suoi collaboratori facilita l'attività del bambino la cui mente assorbente è attratta da essi in modo irresistibile. I materiali sensoriali mirati alla stimolazione di tutti i sensi comprendono gli incastri solidi, le tavolette liscio e ruvido, la mystery box, i cilindri dei rumori. Questi materiali possono essere tutti resi *augmented* attraverso la metodologia che proponiamo nel presente progetto di ricerca.

Ovviamente la prassi pedagogica montessoriana non è l'unica che può avvantaggiarsi di questa possibilità. Pensiamo ai giochi proposti da Bruno Munari (1972) con i quali i bambini sono invitati alla creazione e all'invenzione del proprio personale gioco. Si pensa a "Gatto Meo" e "Scimmietta Zizi" realizzati per Pirelli, o al metodo "Giocare con l'arte", che intendono avviare il bambino verso un pensiero lontano da stereotipi, allenando la sua fantasia, la sua immaginazione, la sua creatività. Nei giochi di Munari si può partire da oggetti semplici, addirittura anche di scarto, come cordicelle, piume, pezzi di tessuto, che diventano il veicolo per l'espressione del potenziale espressivo individuale.

Da questa disanima appare evidente che alcuni *device* tecnologici come il mouse e i touch screen hanno successo a livello di massa grazie ad azioni *grounded*, *situated* ed *embodied*. Questi *device* vengono immediatamente assimilati dal nostro apparato senso-motorio che, in accordo con il punto di vista dell'ESCT, diventano delle naturali protesi perché sono compatibili e isomorfi con il nostro modo di acquisire e organizzare le conoscenze. Il mouse estende l'atto del puntamento nello spazio grafico dello schermo di un computer. I recenti touch screen consentono di applicare le nostre capacità manipolative ad oggetti virtuali digitali e bi-dimensionali.

2.1.2. Principi generali del Learning By Doing

Il *Learning by doing* e il *Learning by playing* rappresentano due concetti strettamente fusi, sviluppati nei lavori di Dewey.

Il *Learning by doing* che tradotto in italiano diventa "imparare facendo" introduce l'elemento dell'apprendimento attraverso l'esperienza, di cui uno degli artefici più importanti è il pedagogista Dewey, fondatore e sostenitore dell'attivismo pedagogico. Per Dewey il pensiero non può essere distinto dall'esperienza, la finalità è quella di elaborare

migliori forme di vita attraverso la formazione con una ristrutturazione continua dell'esperienza personale e sociale. Per Dewey l'uomo è un soggetto che attivamente interagisce con l'ambiente che lo circonda in un continuo rapporto di interazione e scambio. Apprendere diviene interagire attivamente con l'ambiente e elaborare delle idee, non in maniera nozionistica ma in maniera attiva.

Dewey nel 1896 fonda una scuola elementare sperimentale, chiamata Scuola Dewey, con la finalità di creare un laboratorio che metteva alla prova i bambini anche dal punto di vista esperienziale e manuale per il miglioramento dell'apprendimento. Il laboratorio diventa la sede ideale per sperimentare i nuovi approcci educativi, rendendo gli studenti dei membri attivi all'interno del percorso formativo. Tra le opere più importanti e decisive per il percorso dell'attivismo pedagogico, troviamo i due pilastri *Democrazia ed Istruzione* del 1916 e *Esperienza ed Istruzione* del 1938.

Dunque si metteva al centro della discussione l'Attivismo pedagogico. Lo stesso ha lo scopo di allontanarsi dalle metodologie impiantate sul nozionismo e mira alla creazione di una scuola rinnovata, con una rivoluzione copernicana in cui il discente diventa il centro dell'apprendimento che viene sostanziato dall'interazione fattuale con l'ambiente attraverso l'esperienza, costruendo il proprio insieme di conoscenze. Nel pensiero di Dewey il sistema d'istruzione deve focalizzare sulle capacità e gli interessi degli apprendenti, in opposizione con metodi tradizionali del tempo che esigevano e ricercavano la docilità, l'accettazione e l'obbedienza dai discenti.

Nel *learning by playing* di Dewey il principale modo di conoscenza attraverso cui si apprende è il gioco che diventa determinante nell'età che va dalla prima infanzia alla scuola primaria. Il gioco diventa elemento decisivo nella crescita del pensiero cognitivo e coadiuva nella creazione della personalità individuale ed aumenta la zona di sviluppo prossimale, ossia quella zona in cui le abilità sono del tutto apprese dal discente, che ne ha una visione preliminare che si può sostanziare con l'aiuto del tutor/insegnante.

La centralità del ruolo diviene quindi dell'esperienza che guida la crescita di esperienze successive, stimolando la creatività e la ricerca di ulteriori eventi esperienziali. La dinamica procede a spirale, da cui la motivazione iniziale è solo il primo abbrivio e si trasforma progressivamente. Si procede quindi dall'osservazione che rappresenta il primo momento, si passa per il tentativo di ricercare tra il proprio campo esperienziale quelle conoscenze già acquisite e infine il giudizio che scaturisce dalla "misurazione" tra le

esperienze vissute e il proprio contesto. E' evidente come nel pensiero di Dewey assuma rilevanza importante il panorama di contorno che si sostanzia sia nell'ambiente fisico e pratico e sia in quello determinato dalle interazioni sociali.

Questo approccio non è prerogativa esclusiva di Dewey. Già Rousseau nel suo Emile asseriva che il gioco è il momento del bambino capace di esternare le proprie energie e di conoscenza del mondo, e Froebel osservava come la creatività è insita nell'uomo e il gioco diventa un canale educativo decisivo per sostanziare l'essere del singolo individuo. Infine altri due contributi sono fondamentali in questo dibattito, ossia i lavori di Piaget e Vygotsky. Il primo asserisce che il gioco ha il ruolo di produrre l'assimilazione del concetto grazie ad esercizi che hanno il solo ruolo di riprodurre un certo tipo di funzionamento. Questo processo, il gioco simbolico, forma il nuovo schema cognitivo e si sostanzia in due caratteri distintivi, la ripetizione e la definalizzazione. In questo quadro il gioco ha un ruolo fortemente emotivo. Vygotsky invece considera il gioco come struttura decisiva nello sviluppo individuale in quanto permette di concentrare l'attenzione sulla parte ideativa. L'immaginazione ha per Vygotsky un ruolo importante nel stimolare e creare la zona di sviluppo prossimale.

2.1.2.1. Esperienze del modello Montessori

Maria Montessori nacque a Chiaravalle in provincia di Ancona nel 1870, è ricordata tra i tanti motivi, per essere stata la prima donna a laurearsi in medicina in Italia. Il suo lavoro però si è concentrato allo studio scientifico della pedagogia, nella ricerca costante di esplorare lo sviluppo del fanciullo, sia per le competenze sensorie-motorie sia per quelle cognitive ed emotive, valutando il bambino con un approccio olistico.

Proprio la Montessori ha introdotto nella letteratura la cosiddetta “pedagogia scientifica”, proprio per via del suo approccio basato sulla sperimentazione e l’osservazione dei comportamenti tesi al miglioramento del suo modello.

L’esperienza iniziale in questo ambito è stata la fondazione nel 1907 della “Casa dei Bimbi” a Roma, nel quartiere di San Lorenzo (al tempo quartiere degradato e in via di riqualificazione), dopo il suo lavoro scientifico per i bambini con bisogni speciali. L’approccio della Montessori si basava sulla creazione di un metodo che mettesse al centro il bambino, sulla base di un approccio scientifico. Proprio la Montessori nel suo discorso inaugurale afferma che la Casa dei Bambini:

non è un ricovero passivo dei fanciulli: ma una vera scuola di educazione, i cui metodi sono ispirati ai razionali principi della pedagogia scientifica. Viene seguito e diretto lo sviluppo fisico dei bambini, che sono studiati nel loro lato antropologico; gli esercizi del linguaggio, dei sensi e della vita pratica formano le basi principali delle cognizioni. L’insegnamento è eminentemente oggettivo, e dispone di una ricchezza non comune di materiale didattico.

La rivoluzione della “scuola in casa” aveva come matrice pedagogica quella della continuità educativa tra la famiglia e la scuola.

Questo modello e la sua opera del 1909 “Il metodo della pedagogia scientifica” ebbero un grande successo a livello planetario.

Il metodo Montessori si basa sull’osservazione della crescita del bambino e del suo sviluppo in senso ampio (motorio, cognitivo, affettivo, emotivo, ecc.) in condizioni naturali. Il bambino, nell’approccio montessoriano, deve coltivare il suo interesse naturale per l’esplorazione e la conoscenza senza il carattere formale dell’approccio

classico insegnante / bambino. L'insegnante deve proporsi come facilitatore del processo di apprendimento, senza mai imporre le attività.

L'ambiente diventa un nucleo fondamentale nell'educazione Montessori. Gli spazi fruiti dai bambini sono attentamente studiati in maniera da offrire materiale idoneo per lo sviluppo cognitivo del bambino. I bambini sono liberi di muoversi nell'ambiente alla ricerca degli stimoli che essi richiedono, sempre sotto la supervisione di un insegnante opportunamente formato. Il continuo incoraggiamento alle varie attività crea un'auto-disciplina comportamentale e sviluppa la concentrazione del discente. L'auto-disciplina diventa importante in un'ottica di indipendenza del bambino dagli adulti e di iniziale fase di scelte decisionali. Celebre è il motto Montessoriano *Aiutami a fare da solo*, che contiene aspetti cardine del modello.

La disposizione dei materiali e l'ordine degli ambienti sono dei coadiuvanti alla ricerca dell'indipendenza del bambino. Il bambino quindi può scegliere materiali, oggetti ed attività sulla base dei propri specifici bisogni e può disporre liberamente di questi materiali per i tempi che considera preferibile, sempre sotto la guida e l'osservazione degli insegnanti.

In questo contesto il materiale diviene determinante per intercettare i bisogni del bambino. Gli oggetti sono materiali didattici sviluppati nel corso degli anni sulla base della sperimentazione pedagogica. Nella Casa dei Bimbi trovano spazio materiali che stimolano le competenze sensoriali, dalla vista all'olfatto, ma comprendendo anche il senso del gusto, del tatto, dell'udito; altri materiali hanno a che fare con la sfera della matematica, dell'educazione artistica, dello sviluppo del linguaggio, della conoscenza della geografia e botanica; altri sono materiali di uso comune, ossia accessori per la cura della persona e per ristabilire l'ordine.

I materiali sono strutturati per permettere l'apprendimento grazie all'uso ripetuto. I materiali per i bambini sono progettati per risultare attraenti e facilmente utilizzabili.

Nel pedagogia Montessoriana il materiale permette una naturale e interna auto-correzione, ovvero è il materiale stesso che denota una risposta positiva o negativa dell'attività da svolgere grazie al fatto di essere funzionale all'esercizio stesso. Se il materiale "funziona" significherà che la risposta è implicitamente corretta, in caso contrario il materiale non permetterà il completamento dell'esercizio. Il gioco viene

motivato semplicemente dalla dimensione edonica della riuscita dell'attività stessa. Il materiale non viene proposto dall'insegnante in maniera del tutto casuale ma è fortemente strutturato per permettere al bambino di accedere in maniera graduale verso compiti sempre più complessi.

È evidente dunque il ruolo centrale dell'insegnante, come chiamata dalla Montessori il "direttore/direttrice di classe" che propone al bambino un materiale di una particolare sequenza quando questo ha "superato" la precedente attività. L'insegnante ha il ruolo di gestire l'organizzazione operativa delle attività a disposizione dei bambini disponendole attentamente e facendo una cernita sulla base delle età dei fanciulli coinvolti. L'insegnante inoltre ha il ruolo di volano e di generatore di spunti, ossia inizializza l'attività per il bambino tramite l'utilizzo dei vari materiali ma mantenendo sempre il bambino libero di operare scelte autonome. L'insegnante interviene e ha una funzione di monitoraggio e supporto delle attività.

2.1.2.2. *Esperienze di Munari*

Bruno Munari, artista eclettico, designer, ha avuto un ruolo importante anche nella pedagogia. I suoi metodi, incentrati sulla natura attiva e scientifica, avevano punti di adesione con l'approccio di Maria Montessori. Munari applica i principi della pedagogia attiva, centrando l'attenzione sul ruolo fattuale del discente di sperimentare, scoprire e operare in maniera autonoma. Un approccio che tendeva alla semplificazione per lasciare campo libero all'azione creativa. Munari fonda il primo laboratorio per bambini nella Pinacoteca di Brera nel 1977, con l'ambizione di permettere ai bambini di esplorare il laboratorio pieno di opere d'arte e di consentire la libertà dello slancio creativo e dell'imitazione delle opere da cui erano circondati. In questi laboratori veniva stravolta l'ottica classica della lettura del contenuto e il messaggio dell'opera d'arte, ma l'approccio diveniva del tutto esperienziale: attraverso l'esperienza, la capacità di memorizzazione aumenta e il concetto diventa ancora più stabile. Il ruolo del gioco diventava un collante e cofattore positivo nella ricerca dell'esperienza. In questo quadro l'adulto passa in secondo piano e il bambino ha piena espressione personale, diventando indipendente, imparando a scontrarsi con le difficoltà. Si sviluppava quindi la capacità di "problem solving" con la finalità di apprendere quella *soft skill* importante nella vita di tutti i giorni.

Viene creato uno spazio dove il bambino si allena ad una "ginnastica mentale" e costruisce le basi fondamentali del proprio sapere. Lo spazio però diviene posto di socializzazione, collaborazione e formazione con la finalità della stimolazione del pensiero creativo per i bambini (erano coinvolti bambini delle scuole elementari, materne in prima istanza; in un secondo momento anche di età superiori). Il metodo inizialmente prende il nome di "Gioca con l'arte" e ottiene immediatamente un diffuso.

Il laboratorio fondato da Munari a Faenza nel 1979 presso il Museo Internazionale delle Ceramiche similmente al progetto di Brera aveva lo scopo di avvicinare i bambini all'arte attraverso una sperimentazione manipolativa e l'esperienza con la materia e i metodi per la creazione della ceramiche. Il senso dell'operazione si basava sempre sul ruolo prioritario del gioco che permetteva un libertà del bambino della sua espressione. Il laboratorio permetteva la possibilità di apprendere le varie fasi della costruzione della ceramica ma in un'ottica che esulava dalla mera iterazione della tecnica e andava alla

ricerca di una reinterpretazione attraverso le proprie capacità e con il ruolo centrale della manipolazione.

La conoscenza del mondo è quindi naturalmente plurisensoriale e si arricchisce grazie all'esperienza e all'osservazione sia della natura che delle opere d'arte. Il gioco diventa fonte di scoperta ed apprendimento secondo i due principi fondamentali per il pensiero munariano: “fare insieme per capire” e “non dire cosa fare, ma come fare”, che stimolano la creatività del bambino per lo sviluppo di competenze nell'ambito delle soft skill (problem solving, leadership, cooperazione, etc.) che concorrono all'autonomia del discente.

2.1.2.3. *Esperienza di Papert*

Seymour Papert è il padre del costruzionismo, in inglese *Discovery Learning*, che prende ispirazione dallo sviluppo cognitivo di Piaget. Nella teoria del costruzionismo per l'apprendente la produzione e sviluppo di oggetti divengono determinanti nel processo di apprendimento. La teoria è legata a doppio filo alle tecniche di tipo informatico, che permettono un'interazione esperienziale attraverso la simulazione mediata dal personal computer. Il computer e l'apprendimento della programmazione sono dispositivi replicativi dell'apprendimento di tipo naturale. Piaget definisce il processo di comprensione del mondo come un evento di relazione che si crea tra un soggetto attivo, agente e pensante e gli oggetti propri della sua peculiare esperienza. In definitiva le conoscenze *non possono essere trasmesse o convogliate già pronte ad un'altra persona* poiché ogni discente è centrale nel proprio processo di apprendimento, rielaborando le informazioni ricevute sulla base della propria esperienza e delle informazioni in ingresso dal mondo esterno. La creazione di oggetti e/o prodotti tangibili e pratici diventa il fulcro del costruzionismo, permettendo l'efficacia del processo di costruzione della conoscenza.

È il software programmato tramite un personal computer che permette l'esecuzione che valorizza l'esperienza del processo di apprendimento, proponendo una reale "costruzione" di oggetti, in questo caso virtuali. La programmazione permette la scoperta e l'esplorazione attiva da parte del discente che diventa il volano centrale del processo di apprendimento. Inoltre l'ambito software permette di virtualizzare una serie di ambienti sia di stampo naturale che artificiale, permettendo simulazioni in un contesto "sicuro" anche di dinamiche complesse e non facilmente generabili nella realtà o in un'aula didattica.

Da questo quadro teorico, Papert creò il Logo Laboratory, al M. I. T di Boston, nel 1970. Il LOGO Laboratory si poneva l'obiettivo di utilizzare i paradigmi del costruzionismo grazie alle simulazioni all'apprendimento basato sulla programmazione per migliorare le performance di apprendimento dei bambini, sia con problematiche che non. Il Laboratorio non si focalizzava sull'apprendimento di un particolare tipo di linguaggio di programmazione, ma era la programmazione in sé che permetteva l'insegnamento delle modalità per apprendere un qualsiasi tipo di tematica. L'idea era di creare un ambiente di apprendimento, una sorta di training cognitivo, per imparare ad apprendere.

L'idea era quello di individuare i punti critici di un problema e produrre strategie per risolverlo, attraverso la modalità del "divide et impera". Ossia, si utilizzava un approccio di tipo procedurale per imparare i mattoncini fondamentali, rappresentati dalle funzioni base, che vanno a "costruire" il programma finale. Il problem solving è dunque possibile, andando a decomporre il problema e suddividendolo verso i propri elementi molecolari, che vengono risolti ad uno ad uno, per comporre in un secondo momento il problema generale. Nel caso in cui il problema non venga risolto opportunamente, il discente ha il compito di risalire a ritroso fino ad intercettare la problematica e risolvere l'errore.

Il lavoro di Papert nel Logo Laboratory ha prodotto una serie di versioni del linguaggio, tra cui possiamo annoverare il NetLogo e lo StraLogo.

La simulazione di esperimenti e del *problem solving* permette la costruzione di sistemi complessi o molto articolati finalizzati all'apprendimento e all'acquisizione dei concetti. È dunque una modalità che permette la fruizione della pratica a partire da elementi appresi di tipo teorico. Il computer è il mezzo per manipolare fisicamente e verificare l'evoluzione di fenomeni difficilmente riproducibili nella pratica di un laboratorio, creando ambienti sperimentali virtuali. Il PC o gli altri strumenti analoghi permettono di tradurre in un linguaggio simbolico-formale la realtà, consentendo di simulare e vedere i feedback generati dalla manipolazione di alcuni elementi di questi ambienti. Papert dunque propone l'utilizzo dei dispositivi tecnologici in ambito pedagogico, in cui la meccanica della programmazione e della simulazione ne permette un'esperienza mediata e virtuale, molto efficace di fenomeni complessi e difficilmente riproducibili.

2.1.3. Piano di intervento per la costruzione di una piattaforma ibrida

2.1.3.1. Ruolo della manipolazione e dell'esperienza

La cornice teorica e metodologica in cui si muove la ricerca trae ispirazione dalle esperienze descritte nelle sezioni precedenti. In particolare prende avvio dalla pratica applicativa montessoriana, e affonda le proprie radici nelle teorie organismiche di Piaget (“centralità del fare”) e Vygotsky (“sviluppo del potenziale e rilevanza del contesto sociale”). Tale impostazione garantisce l’innescarsi di meccanismi apprenditivi estremamente efficaci: questo è il caso del *Learn To Learn*, competenza che campeggia tra le *skills* indicate dall’UNESCO nei termini di abilità fondamentali del XXI secolo (precedentemente comparse sotto le denominazioni di: “*life skills*” e “*soft skills*”).

Il framework teorico della tesi si fonda, dunque, sul principio del *learning by doing* (Dewey, 1936), e sfrutta le potenzialità di apprendimento ad ampio spettro insite nella manualità che consente, infatti, acquisizioni di carattere multi-sensoriale e motorio, accanto alla sollecitazione di funzioni di tipo cognitivo. In questa prospettiva, Montessori sottolinea l’importanza dell’uso della mano, poiché quest’ultima rappresenta una “finestra sul mondo”, capace di veicolare una molteplicità di informazioni di carattere sensoriale e motorio, le quali generano ripercussioni rilevanti sulle funzioni cognitive superiori. Bruner (1990), inoltre, riconosce il ruolo fondamentale espletato dall’atto manipolativo per lo sviluppo psicologico e per le attività cognitive di tipo rappresentativo. Si tratta, infatti, di un’attività senso-motoria che viene trasferita e rappresentata a livello delle strutture neuro-cognitive, dove verranno svolte come “atti simulati” in una mente virtuale (Newcombe, Shipley, 2012).

L’apprendimento veicolato dal “fare”, dall’“agire concreto”, promosso dall’utilizzo delle varie tecnologie integrate nel progetto, rappresenta uno strumento educativo in grado di supportare, efficacemente, le pratiche didattiche scolastiche ed extra-scolastiche. Viene stimolato, inoltre, l’apprendimento collaborativo, grazie alla possibilità di utilizzo condiviso dei materiali previsti dal progetto.

Il bambino diventa, in tal modo, protagonista del processo di “costruzione della conoscenza”: viene posto l’accento su strumenti che favoriscono l’attivismo individuale e sociale. In questa ottica, i bambini non sono percepiti come “contenitori”, come

elementi passivi del processo didattico, ma come artefici dei loro progressi apprenditivi. La proposta di dispositivi tecnologici a sostegno dell'educazione, hanno come obiettivo di porre gli alunni come "attori" in un processo di auto-educazione, di cui il docente è garante e supervisore. Non soltanto, dunque, il sistema viene in aiuto degli insegnanti che, essendo in numero limitato, non possono garantire una costante supervisione delle performances apprenditive di tutti gli alunni in classi numerose, condizione generalizzata delle scuole italiane; ma mira alla personalizzazione dei programmi di apprendimento, tramite la formulazione di obiettivi specifici per il singolo bambino, e lo sviluppo di un tracciato del rendimento di ogni bambino, che a sua volta fornisce feedback per la modifica e la ri-formulazione in itinere del percorso didattico di ciascun alunno grazie all'ausilio dell'intelligenza artificiale e dei meccanismi tutoriali che devono far parte del sistema.

Obiettivo della costruzione dei prototipi e delle metodologie si focalizza sulla flessibilità del sistema, traguardo irrinunciabile, al fine di adeguare la didattica alle esigenze educative di tutti i bambini, in un'ottica inclusiva, comprendendo i Bisogni Educativi Speciali (minoranze linguistiche, figli di individui appartenenti a gruppi sociali svantaggiati dal punto di vista economico, bambini che presentano difficoltà di apprendimento e portatori di disabilità di varia natura, ecc.). La didattica speciale, quindi, può trovare una risorsa importante nella possibilità di un utilizzo versatile di materiali studiati per risultare attraenti ma, allo stesso tempo, efficaci dal punto di vista pedagogico e dotati di uno straordinario potenziale di autoapprendimento.

La prospettiva è quella promuovere l'inclusione sociale di tutti gli alunni, con un'attenzione particolare ai bambini appartenenti a gruppi sensibili, attraverso l'utilizzo condiviso dei materiali di apprendimento e lo svolgimento dei giochi di gruppo. L'inclusione sociale genera ripercussioni positive non soltanto sulla qualità dell'apprendimento, ma sul versante emotivo e relazionale del gruppo-classe. Inoltre, esercita un'influenza positiva sulla salute psico-fisica di chi sperimenta il vissuto di inclusione (benefici ad ampio spettro).

Quindi l'approccio metodologico nella creazione dei vari modelli dei prototipi, sia nell'ambito prettamente scolastico, sia nell'utilizzo di questi dispositivi in contesti informali e non formali sarà guidato dal ruolo determinante dell'esperienza, della conoscenza di sé, dell'altro e dell'ambiente. Dall'interazione dell'individuo all'interno

del gruppo sociale e in armonia con l'ambiente si produrranno quegli input per un apprendimento attivo. Questo tipo di apprendimento attivo è imprescindibile soprattutto nel XXI secolo con l'avvento e la presenza di dispositivi tecnologici che sempre di più stimolano l'interazione attiva. Le opportunità a disposizione devono essere colte al fine di rendere l'apprendimento e la formazione al passo con i tempi e contemporaneamente ottimizzarlo sia dal lato discente sia dal lato docente.

Il ruolo della manipolazione degli oggetti è la sintesi tra le teorie del *Learning by doing*, la necessità innata dei bambini di esplorare il mondo attraverso il gioco e i nuovi dispositivi digitali. La manipolazione però, non può prescindere dalle esperienze classiche attualmente sviluppate nelle scuole. Il potenziamento riguarda ad esempio di avere la possibilità di avere:

1. un feedback immediato e online senza la necessità di coinvolgere l'insegnante o il tutor in tutte le fasi dell'esercizio;
2. una proposta di esercizi personalizzata e determinata dagli obiettivi formativi impostati dall'insegnante;
3. un quadro stimolante e appropriato per il bambino con il coinvolgimento di storie dinamiche, in modo da immergere il bambino in una dimensione al tempo stesso formativa ma piacevole;
4. un tracciamento delle sessioni, utili all'insegnante per predisporre le giuste contromisure e stimolare successivamente il discente, e al genitore un sistema permette di verificare i progressi del figlio in maniera tale da allineare le proposte formative in ambiente domestico;
5. un grado di flessibilità nella fruizione dei materiali didattici sia in contesti formali, come la classe, che in contesti informali, come la casa.

2.1.3.2. *Approccio ibrido – tecnologia/manipolazione*

L'approccio classico dell'interazione dell'uomo con le tecnologie riguarda la simulazione di atti reali mediati attraverso dispositivi creati ad hoc. Un tipico esempio è quello del mouse, dispositivo ubiquitario, di facile comprensione che permette all'utente di muovere all'interno di uno schermo un puntatore per permettere la simulazione di alcune operazioni. Nel caso dei giochi per tablet grazie al riconoscimento del movimento di un dito, siamo in grado di simulare colpi di biliardo (modulando angolazione e potenza), di pilotare automobili o di muovere alternativamente un'intera squadra di calcio.

L'approccio ibrido rivoluziona quest'ottica mettendo al centro la manualità e la riproposizione degli atti quotidianamente fatti senza il filtro della simulazione. La simulazione diviene solo un mero potenziamento dall'azione, ad esempio viene utilizzata una carta nel mondo reale e questa crea un'azione simulata nella piattaforma digitale, con una finalità collegata all'ambito semantico dell'oggetto stesso. Come nel progetto BlockMagic (vedi il paragrafo 2.2.3.1), il bambino era chiamato a giocare con i blocchi logici nella stessa maniera in cui avrebbe fatto tipicamente in classe. L'unica differenza (o regola) era che doveva posizionare i blocchi entro un certo campo attivo, una tavoletta in grado di "riconoscere" i vari blocchi, grazie alla presenza di un'antenna. Il movimento del blocco sull'antenna attiva provocava delle risposte in linea con il movimento fatto. Il dispositivo quindi era in grado di riconoscere l'azione fisica e manipolativa del discente che a sua volta riceveva immediatamente un feedback.

Il lavoro di ricerca è stato volto a sviluppare l'interazione ibrida, dove l'utente agisce con gli strumenti reali vedendo potenziati e rinforzati gli atti manipolativi espletati.

Alcune tecnologie, come ad esempio la realtà aumentata, i sensori RFID / NFC, *la leap motion*, le tecnologie touchscreen, riconoscimento della scrittura che si collocano nella più ampia cornice dell'Internet of Things, sono candidati naturali per rappresentare l'approccio ibrido, in grado di unire l'ambito della manipolazione e le tecnologie touchscreen. Le tecnologie citate saranno descritte in maniera esaustiva nel paragrafo 2.2. Il collegamento tra questi due mondi deve essere il più possibile nascosto al discente, che svolge azioni classiche in maniera del tutto naturale. L'idea principale è che i bambini giocano e imparano con i materiali tradizionali e tangibili, ma godono del miglioramento dato dalle tecnologie TIC. Il progetto BlockMagic, concluso nel novembre 2013, ha

dimostrato come queste tecnologie sono in grado di migliorare le metodologie psicopedagogiche, attraverso la focalizzazione di alcuni aspetti quali la partecipazione attiva dei bambini, la capacità di integrazione e interazione con l'ambiente, e l'opportunità di promuovere l'innata inclusione sociale. Queste potenzialità possono essere sfruttate superando alcuni limiti dei moderni strumenti sopra descritti, come, ad esempio, la perdita di attenzione generata da questi dispositivi. Inoltre, questi collegamenti possono garantire la personalizzazione dell'apprendimento/insegnamento nonché un monitoraggio delle sessioni ed un'ottimizzazione di ogni percorso didattico.

Questi sistemi ibridi propongono alcuni miglioramenti rispetto allo stato dell'arte delle tecniche manipolative classiche e del mondo digitale. I punti di forza sono la capacità:

1. di superare i limiti dell'eccessivo orientamento del bambino allo schermo, tipico delle applicazioni digitali, perché l'utente (bambino) è attivo nell'esecuzione del compito, giocando con il dispositivo e con l'ambiente allo stesso tempo,
2. di valutare la sessione eseguita da un allievo, fornendo uno strumento di supporto per i docenti,
3. di ridurre i costi della lezione tradizionale che utilizza materiali strutturati, in quanto è necessario un continuo sostegno del docente,
4. di consentire un percorso di apprendimento individualizzato,
5. di collegare gli elementi in un ambiente tradizionale (come può essere la casa, il museo o la scuola), creando un ambiente intelligente.

L'obiettivo principale di questo approccio ibrido è quello di creare un ambiente di giochi per l'apprendimento attivo (una sorta di ambiente 2.0 sia in ambito scolastico che extrascolastico), che, insieme a favorire l'acquisizione di abilità cognitive fondamentali, abilita processi di apprendimento efficaci facilitati dalla centralità dell'atto manipolativo e mira a promuovere l'importanza di comportamenti collaborativi come motore di inclusione sociale.

La personalizzazione dei percorsi didattici, sarà possibile attraverso l'individuazione di obiettivi specifici per ciascun allievo, e tracciando l'evoluzione di ogni bambino utilizzando *Artificial Tutoring Systems* (ATS). In particolare questa evoluzione, a sua volta, offre una input che viene utilizzata in seconda battuta per la ridefinizione in itinere del percorso didattico.

I sistemi di tutoraggio adattivo (ATS) rappresentano una sorta di applicazioni intelligenti artificiali che mirano a fornire istruzioni su misura per le esigenze dei singoli alunni. Le applicazioni tradizionali utilizzate in materia di istruzione, infatti, sono individualizzati solo grazie ad uno sforzo importante del singolo discente, e hanno strutture piuttosto statiche e basate su regole (es: SE domanda X è risposto correttamente, passare alla domanda Y, altrimenti vai alla domanda Z, e così via). In questo quadro le capacità del discente non sono prese in considerazione. Mentre questo tipo di applicazioni (gli ATS) sono in grado di ottimizzare i singoli percorsi degli studenti, creando sequenze personalizzate.

2.1.3.3. Caratteristiche principali degli ambienti d'apprendimento intelligenti

Gli ambienti di apprendimento saranno localizzati fisicamente all'interno degli ambienti già esistenti e in cui i bambini vivono, studiano e giocano sia in ambito scolastico che in ambito extrascolastico. La tesi si fonda sulle linee guida del documento rilasciato dal MIUR nel settembre 2012 denominato Indicazioni nazionali per il curricolo della scuola d'infanzia e del primo ciclo d'istruzione⁷. In questo documento è dettagliata la strutturazione degli ambienti di apprendimento e quindi anche gli ambienti intelligenti dovranno avere le stesse caratteristiche citate dal ministero. Per quanto riguarda le scuole d'infanzia:

Il curricolo della scuola d'infanzia [...] si esplica in un'equilibrata integrazione di momenti di cura, di relazione, di apprendimento, dove le stesse routine svolgono una funzione di regolamentazione dei ritmi della giornata e si offrono come "base sicura" per nuove esperienze e nuove sollecitazioni.

La cornice teorica dell'approccio ibrido e del *Learning by Doing* rientrano perfettamente nelle linee guida ministeriali infatti:

L'apprendimento avviene attraverso l'azione, l'esplorazione, il contatto con gli oggetti, la natura, l'arte, il territorio, in una dimensione ludica, da intendersi come forma tipica di relazione e di conoscenza.

⁷ http://www.indicazioninazionali.it/documenti_Indicazioni_nazionali/Indicazioni_Annali_Definitivo.pdf

Per quanto riguarda i bambini della scuola primaria, il MIUR rintraccia alcune caratteristiche fondamentali per l'ambiente di apprendimento e in particolare si ritiene fondamentale:

1. Valorizzare l'esperienza e le conoscenze degli alunni
2. Attuare interventi adeguati nei riguardi delle diversità
3. Favorire l'esplorazione e la scoperta
4. Incoraggiare l'apprendimento collaborativo
5. Promuovere la consapevolezza del proprio modo di apprendere
6. Realizzare attività didattiche in forma di laboratorio

L'ottica deve essere quella di creare ambienti d'apprendimento potenziati e non ambienti di apprendimento esclusivi. In questa visione il discente si trova negli stessi luoghi già ampiamente frequentati come può essere la scuola intesa come classe, il museo o lo zoo e casa. L'ambiente intelligente non deve essere contenuto in aule svincolate dalle attività routinarie ma deve diventare, quando possibile, parte integrante della classe attraverso un potenziamento e una trasparenza che ne permette una maggiore fruibilità. L'idea è quindi di portare il laboratorio ai bambini e non i bambini nel laboratorio. Questa idea è perfettamente in linea con le definizioni ministeriali, in particolare con il Piano Nazionale Scuola Digitale (PNSD) che è nato con uno slogan preciso *Il laboratorio in classe e non la classe in laboratorio: una strategia - tante azioni*.

I criteri che guideranno la definizione degli ambienti d'apprendimento e le APP multisensoriali sono i seguenti:

- **Accessibilità:** lo spazio deve dare la possibilità di una semplice fruizione del bambino, sia dal punto di vista logistico, sia dal punto di vista dell'interfaccia. L'accessibilità viene intesa sia nella costituzione di materiale "usabile" sia rimozione di barriere architettoniche o ostacoli. Il bambino non deve mai entrare in connessione con materiale pericolosi (ad esempio facilmente ingeribili o che tendano alla frammentazione). Lo spazio, sia virtuale che fisico, deve essere concepito per offrire zone d'interesse e materiali adeguati per le età a cui si rivolgono. Gli ambienti devono essere concepiti con lo scopo di permettere una facilità nell'acquisizione della padronanza da parte del bambino senza una supervisione continua da parte dell'adulto (insegnante/genitore/ecc). L'obiettivo è che l'ambiente abbia caratteristiche tali da permettere la fruizione libera,

l'esplorazione, la scoperta dello spazio, in grado di stimolare la consapevolezza di sé nello spazio oltre alla gestione delle emozioni. Accessibilità significa anche in questo ambito la proposizione di esercizi idonei al proprio livello cognitivo con un arricchimento progressivo e sostenuto dai risultati ottenuti o dai feedback degli insegnanti.

- **Interattività:** il sistema e l'ambiente devono essere fonte continua di stimoli e sorprese per il discente, che grazie all'interazione continua ottiene risposte esplicite e/o implicite che lo guidano nel processo esperienziale. L'interattività deve connaturarsi non come mero input stimolante, ma come evento di interazione nell'ottica della crescita del discente. Il bambino grazie all'interazione conosce rapidamente l'ambiente e ha l'opportunità di scoprire nuove caratteristiche.
- **Customizzazione:** l'ambiente deve rispondere direttamente ai bisogni del bambino, seguendo un criterio di caratterizzazione individuale. Questo tipo di approccio ad esempio può estrinsecarsi con il riconoscimento del bambino da parte del dispositivo che è in grado di "parlare" all'utente chiamando per nome. La personalizzazione deve essere riconosciuta anche nei percorsi di apprendimento, che devono essere individuali grazie al supporto degli ATS e individualizzabili dagli insegnanti. La personalizzazione assume importanza nelle tempistiche e nelle modalità di uso da parte della piattaforma, pertanto è fondamentale la supervisione dell'adulto attento a garantirne un controllo generale e al fine di evitare l'abuso dello strumento. Sarà necessario porre attenzione per le differenze culturali e di genere e l'interesse per le specificità e le preferenze di ogni bambino.
- **Tracciabilità:** Il sistema di tutoraggio adattivo durante la sessione e sulla base dello storico, si pone come obiettivo di proporre al minore l'esercizio più idoneo sulla base di un criterio di personalizzazione e di gradualità. L'insegnante deve essere in grado di consultare i dati aggregati del bambino e da questi decidere di proporre al discente solo alcune attività specifiche (ad es. solo attività nella sfera matematica, solo attività di lettura, etc.) con la stessa dinamica che avviene attualmente nei percorsi curriculari tradizionali dove vengono stimulate selettivamente con esercizi mirati alcune competenze sulla base dei bisogni dei

singoli bambini. L'insegnante, oltre alla valutazione generata dal sistema, potrà inoltre consultare i dati grezzi delle varie sessioni dei bambini.

- **Specificità funzionale:** gli spazi e gli ambienti dovranno prevedere zone differenziate per le varie attività sulla base delle caratterizzazioni scelte dagli insegnanti. Sono gli insegnanti che predispongono le attività per il bambino e consegnano i materiali adeguati per l'ambiente in cui vanno ad essere utilizzati al fine di favorire l'evoluzione dell'attività e coadiuvando la formazione di gruppi per giochi cooperativi. Sarà necessario dividere le zone in cui si avranno i giochi che prevedono un qualche tipo di movimento, da quelli dedicati al gioco cooperativo e da quelli che prevedono il gioco individuale.
- **Relazione con gli adulti:** il sistema non deve in alcun modo sostituire l'interazione tra bambino e dispositivo a quella tra bambino ed adulto. L'adulto deve avere un ruolo di controllo e gestione dello spazio durante la sessione, mentre al termine della stessa, ha il compito di analizzare la sessione al fine di predisporre per ogni bambino le attività migliori nelle situazioni seguenti. Solo l'adulto è in grado di capire i bisogni momentanei del discente e fornirgli aiuto e incoraggiamento a seconda delle necessità.
- **Inclusione e socializzazione:** viene posta attenzione al ruolo dell'inclusività e ai bisogni sociali dei bambini che devono venire potenziati con l'uso delle tecnologie. All'insegnante spetta il ruolo di regia delle interazioni sociali tra i bambini, moderando le operazioni e facendo in modo di incidere positivamente sulla qualità delle relazioni tra discenti e sui processi apprenditivi. Egli ha il ruolo di favorire la continuità dell'esperienza sociale, sollecitando gli scambi di idee e creando il senso del gruppo.
- **Differenziazione degli stimoli:** il sistema e gli ambienti devono stimolare una dimensione esperienziale variegata, che si snodi con una dimensione ludica finalizzata alla stimolazione di più competenze (cognitive, linguistiche, logiche, ecc.). Mentre le interazioni con i vari esercizi devono stimolare selettivamente una competenza, riducendo una stimolazione varia con l'obiettivo di una focalizzazione alla risoluzione del compito. Le sessioni di gioco devono avere una dimensione definita nel tempo, in sessioni ben organizzate per i bambini. Gli stimoli o feedback dell'ambiente devono essere il più possibile non direttivi con l'ottica di correggere l'errore nella pratica. Ad esempio se il pezzo non è corretto,

non sarà una voce che ricorderà come il pezzo scelto non è quello giusto, ma il pezzo rimbalzerà nel suo posto d'origine senza dare l'esito positivo.

Ruolo dell'adulto (Insegnante / Genitore / Tutor)

Gli scenari d'uso immaginati con le piattaforme sviluppate in questa tesi, in congiunzione con il progetto Inf@nzia Digi.Tales 3.6, sono i più differenti, vanno da ambienti prettamente scolastici come la classe o il laboratorio, a contesti ludico-didattici come il museo, lo zoo, fino a scenari d'uso domestici. In questo paragrafo viene descritto il ruolo dell'adulto che interagisce con il bambino per la finalità di stimolo di apprendimento come insegnante. E' bene ricordare che l'idea è sviluppare una piattaforma in cui l'adulto che andrà ad interfacciarsi con il discente è l'insegnante, ma può essere rappresentato anche da altre figure tutor come il genitore, il *caregiver*, la guida museale, ecc. Da questo momento verrà citato solo l'insegnante, lasciando per implicito che questo ruolo può essere sviluppato da altri attori.

L'insegnante nella gestione della fruizione della piattaforma ha dei compiti prima, durante e dopo la sessione d'uso dei bambini.

Il principale compito dell'insegnante prima dell'avvio della sessione è di definire degli obiettivi educativi da raggiungere, sia a livello collettivo, dunque per l'intera classe, sia sul piano individuale, quindi per ogni bambino. La corretta identificazione di questi obiettivi permette all'educatore di definire e personalizzare le sessioni.

A livello operativo, il ruolo dell'insegnante è quello di preparare la stanza e gli strumenti per la sessione e assegnare ai bambini tutto il materiale necessario sia nel caso di gioco collettivo, sia nelle sessioni individuali.

L'insegnante è inoltre responsabile della registrazione di ogni bambino e della creazione dei loro profili nella prima sessione (nelle sessioni seguenti non sarà necessaria quest'attività). Ad ogni registrazione saranno assegnati delle attività specifiche per ogni bambino, sulla base delle conoscenze dell'adulto. L'insegnante sceglierà le attività più idonee e le riaggronerà grazie ai risultati ottenuti dal bambino durante la sessione.

Durante la sessione, l'insegnante potrà avere due ruoli distinti:

- Nel caso di gioco individuale, ha un ruolo da osservatore esterno e supporta il bambino solo nel caso ritenga ci sia bisogno di un input esterno oppure a specifica richiesta del discente
- Nel caso di gioco sociale, l'insegnante può assumere un ruolo più attivo, fungendo da supervisore. In questo caso il ruolo dell'insegnante è quello di fornire input, di creare ostacolo, di mediare nelle discussioni, di promuovere o gestire la cooperazione e i ruoli dei bambini che interagiscono tra loro e con il dispositivo digitale.

Questo va nella stessa direzione delle indicazioni nazionali del MIUR per la scuola d'infanzia e del primo ciclo (citato nel precedente paragrafo) in cui si evidenzia come:

“gli insegnanti svolgono una funzione di mediazione e di facilitazione e, nel fare propria la ricerca dei bambini, li aiutano a pensare e a riflettere meglio, sollecitandoli a osservare, descrivere, narrare, fare ipotesi, dare e chiedere spiegazioni in contesti cooperativi e di confronto diffuso.”

Alla fine della sessione, l'insegnante potrà controllare i risultati e adattare gli obiettivi pedagogici.

La dinamica di questo processo può essere riassunta con il PDCA cycle ossia Plan-Do-Check-Act (vedi la figura successiva), in cui le azioni vengono ciclizzate con lo stesso meccanismo per tutte le sessioni che verranno eseguite.

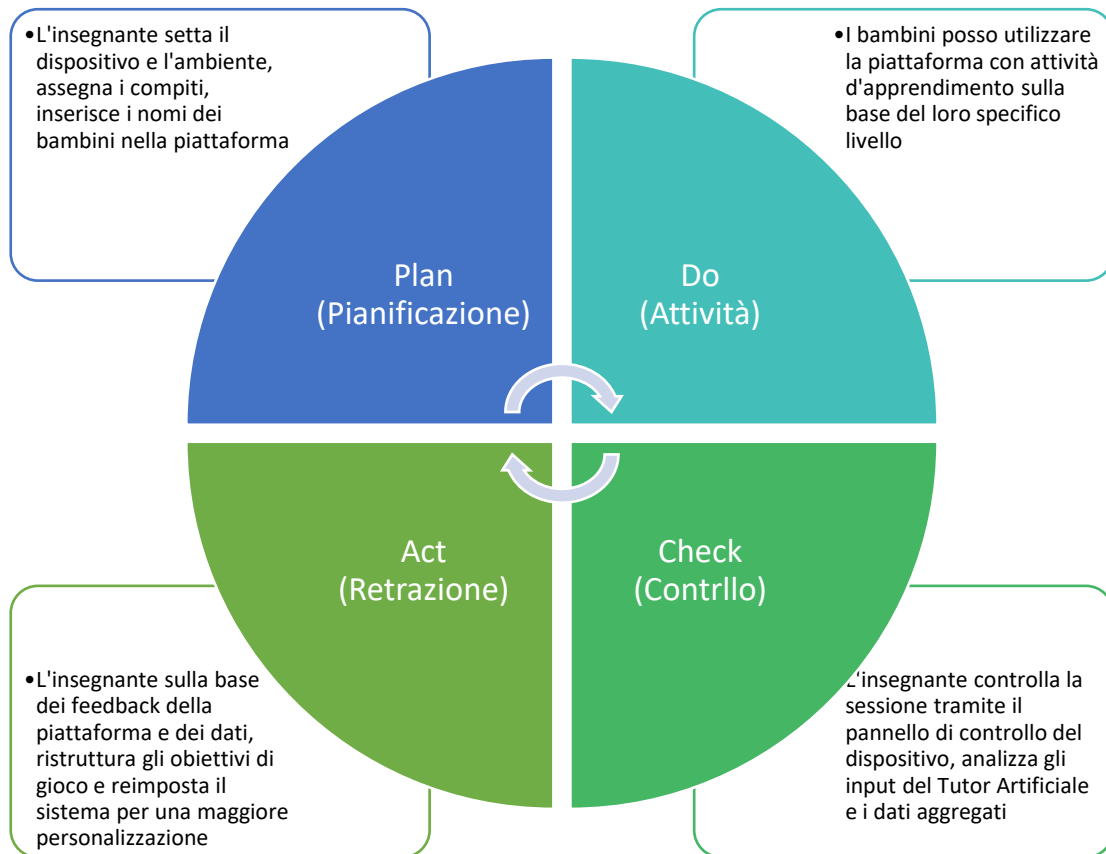


Figura 3: Il PDCA (*Plan – Do – Check – Act*) in figura mostra l'ottica iterativa del ruolo dell'insegnante

La consultazione dei dati verrà fatta tramite un pannello di controllo dell'insegnante (che avrà un accesso differente rispetto a quello del bambino) dove sono presenti i dati delle sessioni che possono essere visualizzate dall'insegnante e dal genitore (i quali dovrebbero essere collocati nell'infrastruttura sviluppata) al fine di studiare i miglioramenti del discente e di proporre le attività idonee per le lezioni/sessioni successive.

I dati verranno elaborati digitalmente dal sistema e saranno localizzati o nel computer/tablet locale o in remoto in una piattaforma dedicata. L'elaborazione digitale sarà automatica e produrrà dei dati aggregati di lettura più agevole.

Gli insegnanti e i genitori avranno la possibilità di accedere al pannello di controllo dei dati potendone fruire sia in versione grezza, sia in versione aggregata dal sistema. I dati non potranno essere modificati.

Il sistema di tutoraggio adattivo (ATS) durante la sessione e sulla base dello storico, proporrà al bambino l'esercizio più idoneo sulla base di un criterio di personalizzazione e di gradualità.

L'insegnante inoltre può consultare i dati aggregati del bambino e da questi decidere di proporre al discente solo alcune attività specifiche (ad es. solo attività nella sfera matematica, solo attività di lettura, etc.) con la stessa dinamica che avviene attualmente nei percorsi curriculari tradizionali dove vengono stimulate selettivamente con esercizi mirati alcune competenze sulla base dei bisogni dei singoli bambini. L'insegnante, oltre alla valutazione generata dal sistema, potrà inoltre consultare i dati grezzi delle varie sessioni dei bambini.

Gli ATS non vogliono sostituirsi alla figura dei genitori o degli insegnanti, ma affiancarsi ad essi per tentare di costruire un ambiente più stimolante per il bambino, più ricco di feedback e dunque anche più interessante. Ai genitori ed agli insegnanti rimane in ogni caso il controllo finale sul processo di apprendimento, sul tipo e sulla quantità di stimoli che devono essere presenti nell'ambiente. Sono gli insegnanti infatti che "preparano" l'ambiente, che decidono le attività e che scelgono dunque cosa il bambino può e deve imparare.

Capacità stimulate

Le capacità stimulate dalle piattaforme ibride sviluppate e concepite in questa tesi riguarderanno una varietà di campi di esperienza. In questo paragrafo verrà operata una differenza tra gli obiettivi ministeriali contenuti dalle indicazioni nazionali per le scuole dell'infanzia e quelle delle scuole primarie in cui l'insegnamento si concentra sulle competenze collegate alle materie didattiche studiate.

Nel caso dei bambini in età delle scuole dell'infanzia l'obiettivo perseguito sarà la ricerca della:

“Esperienza diretta, il gioco, il procedere per tentativi ed errori, permettono al bambino, opportunatamente guidato, di approfondire e sistematizzare gli apprendimenti. Ogni campo di esperienza offre un insieme di oggetti, situazioni, immagini e linguaggi, riferiti ai sistemi simbolici della nostra cultura, capaci di evocare, stimolare, accompagnare apprendimenti progressivamente più sicuri”.

L'obiettivo generale è quello di aiutare i bambini ad imparare in modo autonomo. L'autonomia è di fondamentale importanza per lo sviluppo della crescita dei bambini. Le attività di apprendimento che verranno sviluppate si propongono di sviluppare varie abilità in bambini normali e in bambini con bisogni speciali.

Le competenze stimulate, o campi d'esperienza, sono i seguenti:

1. **Il sé e l'altro:** sarà posto un ruolo importante per il riconoscimento di ogni singolo bambino, per permettere un percorso personalizzato. Le APP e gli esercizi dovranno essere sviluppati in modo da riconoscere il bambino, ed ad esempio chiamarlo per nome durante l'esecuzione dell'esercizio. Questo tipo di processo è possibile solo grazie ad un riconoscimento del bambino da parte del sistema. Al tempo stesso dovranno essere impostati esercizi, scenari e contesti che avranno il ruolo di sviluppare le competenze di riconoscimento degli altri. Il riconoscimento degli altri, oltre allo sviluppo identitario, verrà impostato attraverso giochi che consentiranno il rintracciamento di caratteri distintivi riguardo le tradizioni, le differenze culturali, ecc. Inoltre verrà sviluppata la dimensione sociale attraverso giochi cooperativi che mettano in collaborazione i vari bambini coinvolti. Spazio importante sarà lasciato anche all'espressione emozionale ed affettiva che dovrà necessariamente essere richiamata. Tra le varie competenze sviluppate sono coinvolte: seguire le regole,

routine, e le direzioni; Identificare sentimenti in se stessi e gli altri; controllare la rabbia e gli impulsi; gestire le problematiche; condividere giocattoli e altri materiali; aiutare gli adulti e i pari; esprimere empatia con i sentimenti degli altri; riconoscere che la rabbia può interferire con la soluzione dei problemi; imparare a riconoscere la rabbia in se stessi e gli altri; imparare a calmarsi.

2. **Il corpo e il movimento:** gli scenari che faranno parte del percorso di ricerca avranno come matrice fondamentale l'esperienzialità e quindi l'esecuzione di attività che mirano ad un'interazione con i dispositivi di tipo manuale e fisico tale da permettere lo sviluppo e la capacità di leggere ed interpretare i messaggi provenienti dal proprio corpo. Gli esercizi da implementare dovranno quindi fondarsi sull'attenzione alla motricità, sulle capacità di coordinazione oculo-manuale e sull'organizzazione spaziale. Altra caratteristica che è rafforzabile grazie ai dispositivi digitali è il riconoscimento della gestualità, elemento importante di comunicazione non verbale. Infine gli esercizi avranno la finalità di permettere la conoscenza delle varie porzioni del corpo del bambino.
3. **Immagini, suoni, colori:** i supporti digitali sulla base delle potenziamento dei materiali classici hanno la naturale propensione di permettere la discriminazione visiva degli oggetti, forme ed immagini. I prototipi dovranno creare ambienti tali da sviluppare le varie funzioni sensoriali e quindi una direzione verso la multisensorialità, permettendo l'apprendimento e la discriminazione di vari tipi di suoni, rumori, colori, stimoli tattici. Inoltre i dispositivi digitali creeranno situazioni per lo sviluppo abilità grafiche, sia con gli strumenti classici come penne e pennelli, sia con la gestualità e i movimenti delle dita.
4. **I discorsi e le parole:** gli esercizi e le proposte educative sviluppate andranno nella direzione della stimolazione del pre-grafismo e delle varie forme di linguaggio, in particolare verranno predisposti appropriati percorsi didattici finalizzati all'estensione del lessico, alla corretta pronuncia di suoni, parole e frasi. L'inserimento di questi elementi all'interno di storie e racconti, incoraggeranno il bambino all'avvicinarsi alla lingua scritta con l'obiettivo di creare un rapporto positivo con la lettura e la scrittura.
5. **La conoscenza del mondo:** in questo ambito gli ambienti ibridi deve mirare alla costruzione della curiosità. I sistemi saranno disegnati per permettere al bambino di esplorare, toccare, smontare, costruire e ricostruire. Gli scenari avranno l'obiettivo di portare il discente ad una categorizzazione semantica e contenutistica ed allo sviluppo

della logica. Inoltre non sarà sviluppata la conoscenza degli ambienti, di organismi vegetali e animali. Ampio spazio dovrà essere individuato per la conoscenza e la familiarità con i numeri, proponendo la costruzione delle prime fondamentali competenze sul contare gli oggetti, accompagnandoli con gesti dell'indicare, del togliere e dell'aggiungere. Prima di imparare a fare matematica formale, effettuando ad esempio calcoli di somma e sottrazione, i bambini hanno bisogno di costruire le fondamenta delle future operazioni matematiche. Questo viene fatto costruendo idee matematiche come la quantificazione, l'ordinamento, la sequenza, la seriazione e classificazione. Anche la conoscenza dello spazio rientra in questa categoria e si perseguirà l'obiettivo di scoprire i primi concetti geometrici di direzione, di forma e di angolo, attraverso il gioco con materiali strutturati.

2.2.Stato dell'Arte tecnologico

2.2.1. Tecnologie dell'Internet delle Cose e tecnologie RFID

La locuzione Internet Delle Cose sta entrando nel vocabolario comune del normale fruitore di informatica e sempre di più nella società civile. Ancora di più nella sua traduzione inglese, *Internet of Things* (IoT), che è un modo di dire che ha permeato sempre più la società, descrivendo una serie di dispositivi e di metodologie tali da mettere in connessione i dispositivi fisici, i cosiddetti *Smart Object* o Oggetti Intelligenti, con un'intelligenza digitale in grado di connettere gli stessi alla stregua di quanto fatto nell'ambito della interconnessione del web.

Per avere una rapida idea di quanto questo termine sia in grande ascesa, confrontare i due grafici in Figura 4 e Figura 5, dove si raffrontano le ricerche con Google Trends della parola *Internet of Things* e *Personal Computer*. Il valore 100 rappresenta il massimo valore per la parola in esame.

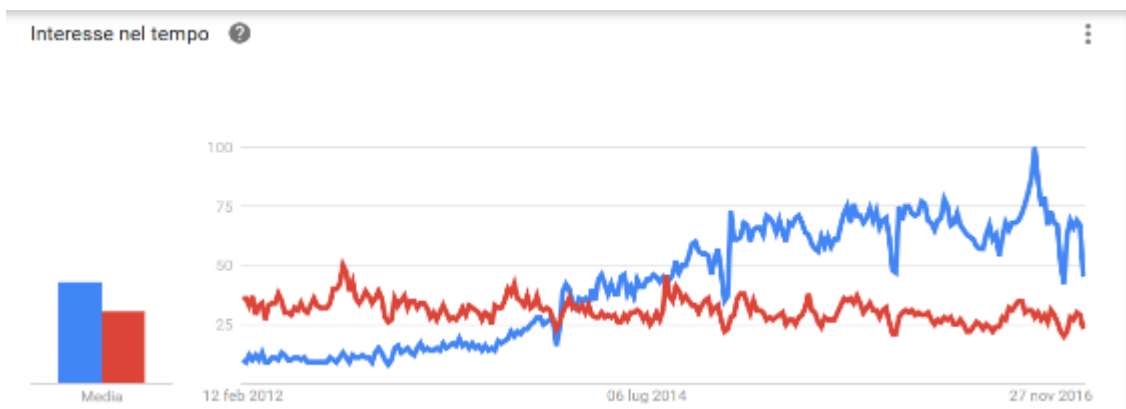


Figura 4: Interesse del tempo delle ricerche in tutto il mondo delle parole Internet of Things (blu) e Personal Computer (rosso), generato da Google Trends

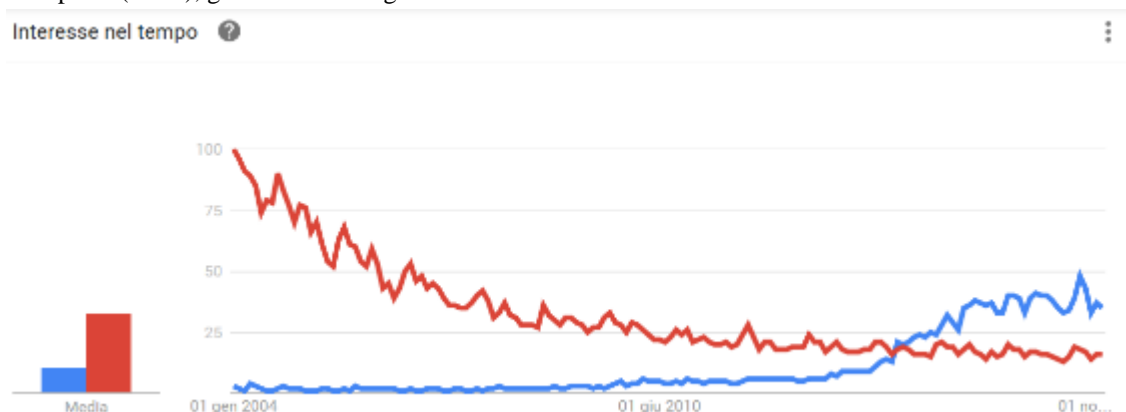


Figura 5: Interesse del tempo delle ricerche in tutto il mondo delle parole Internet of Things (blu) e Personal Computer (rosso), generato da Google Trends per il periodo 2004 - 2016

Il termine *Internet of Things* è stato coniato nel 1999 da Kevin Ashton nel contesto della logistica della gestione delle catene di montaggio (Ashton, 2009), ma la crescita dell'attenzione rispetto a questa tematica è cresciuta esponenzialmente nel presente decennio, con l'avvento di tecnologie *low-cost* tali da permettere una diffusione massiva.

Come indicato da Atzori et al (2010) e Miorandi, et. al (2012), l' *Internet of things* deve possedere tre componenti principali:

1. *Hardware*: formato da sensori, attuatori e sistemi *hardware* per la comunicazione delle informazioni. I sensori in questo senso devono essere costruiti per potenziare ed aumentare gli oggetti fisici.
2. *Middleware*: un sistema per la gestione delle informazioni che funga da “cervello” del sistema, per permettere la gestione analitica dei dati. Molto spesso la parte di *Middleware* è pensata su dispositivi connessi su internet o con sistemi di tipo *Cloud*.
3. Presentazione delle informazioni: questa componente deve permettere la visualizzazione e l'interpretazione del contenuto semantico dell'informazione, traducendo in un altro output il segnale in ingresso registrato dall'*hardware* e “digerito” dal *middleware*.

Una delle peculiarità dell'*Internet of Things* è la sua caratteristica di essere trasparente all'utente che utilizza un dato strumento senza avere contezza della sua connessione con un ambiente complesso. L'oggetto, che spesso ha una sua funzionalità propria, viene aumentato e assume una nuova caratteristica, producendo reazioni o azioni di tipo virtuale in un contesto differente, senza perdere le proprie strutture iniziali.

Le caratteristiche che deve avere la tecnologia per divenire trasparente all'utente è (Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M., 2013):

- Una comprensione condivisa delle condizioni di applicazione per quanto riguarda gli utenti e i dispositivi
- Architetture software e reti di comunicazione pervasiva per processare le informazioni contestuali solamente quanto rilevante
- Dispositivi di analisi per la promozione di comportamenti autonomi ed intelligenti.

I dispositivi IoT, hanno la caratteristica di essere utilizzabili in ogni contesto, in qualsiasi momento e su ogni cosa, da cui il motto inglese *Anytime, Anything, Anywhere*. Per avere queste caratteristiche sono necessari i seguenti prerequisiti (Miorandi, Sicari, Pellegrini, Chlamtac, 2012):

- Identificazione: qualunque cosa può identificare l'oggetto;
- Comunicazione: qualsiasi oggetto dell'IoT è in grado di comunicare;
- Interazione: ogni cosa può interagire con azioni e contro reazioni.

In questo modo vengono costruite delle reti interconnesse di oggetti che sono riconosciuti univocamente, e che possono comunicare tra di loro e produrre una conseguente interazione.

Attualmente l'IoT è un paradigma applicabile in moltissimi settori, tra i più differenti. Per approfondire si rimanda alla Figura 6.

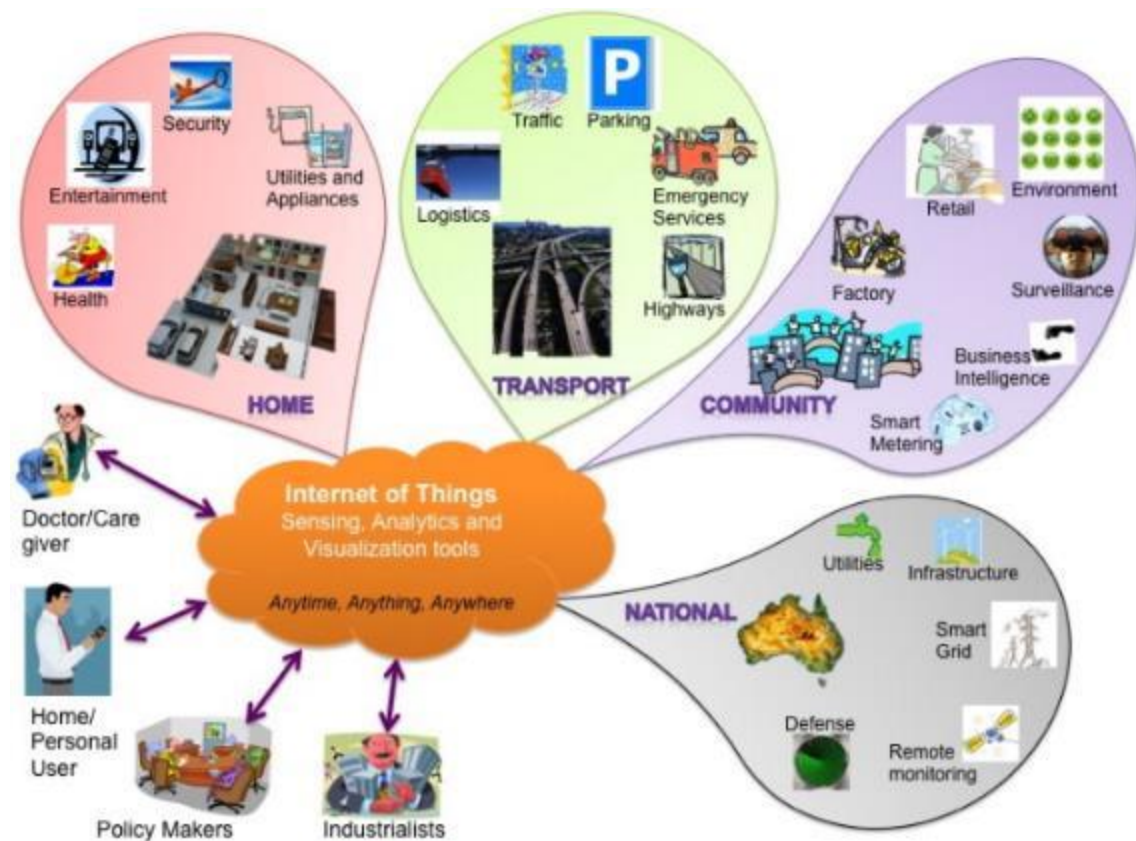


Figura 6: Applicazioni dell'Internet delle Cose da Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. Future generation computer systems, 29(7), 1645-1660.

In qualsiasi ambiente in cui è possibile interconnettere elementi, questa organizzazione e architettura di dispositivi può divenire vincente. Come detto, ha avuto il suo avvio nella logistica; ma successivamente è stata usata in differenti settori, come i trasporti, nel campo della domotica o in campo industriale. Un'applicazione con un impatto meno importante è quella del campo dell'educazione. La presente tesi mira ad applicare le prospettive e i modelli dell'*Internet of Things* in ambito psico-pedagogico, aumentando gli oggetti di uso comune nelle scuole per connetterli a dispositivi digitali e ad applicazioni didattiche di stampo innovativo.

Da un punto di vista tecnologico ci sono varie tecnologie che possono valorizzare l'ambito dell'IoT, Tutte le tecnologie che permettono il riconoscimento univoco di un oggetto può candidarsi a rappresentare uno sviluppo nell'alveo dell'Internet delle Cose. Esempi possono essere le tecnologie Bluetooth, Wi-Fi, servizi dati telefonici, sensori e attuatori, QR code ed infine la tecnologia RFID.

Nella pratica possiamo includere queste tecnologie in tre macro-ambiti come proposto da Mionardi et al (2012):

- Reti di sensori wireless (WSNs)
- Reti di sensori e attuatori (SANETs)
- Sistemi RFID

Un'altra interessante categorizzazione è quella fornita da Aztori et al. (2010) è quella mostrata anche nell'immagine seguente:

- IoT centrata sugli oggetti
- IoT centrata su internet
- IoT centrata sugli aspetti semantici

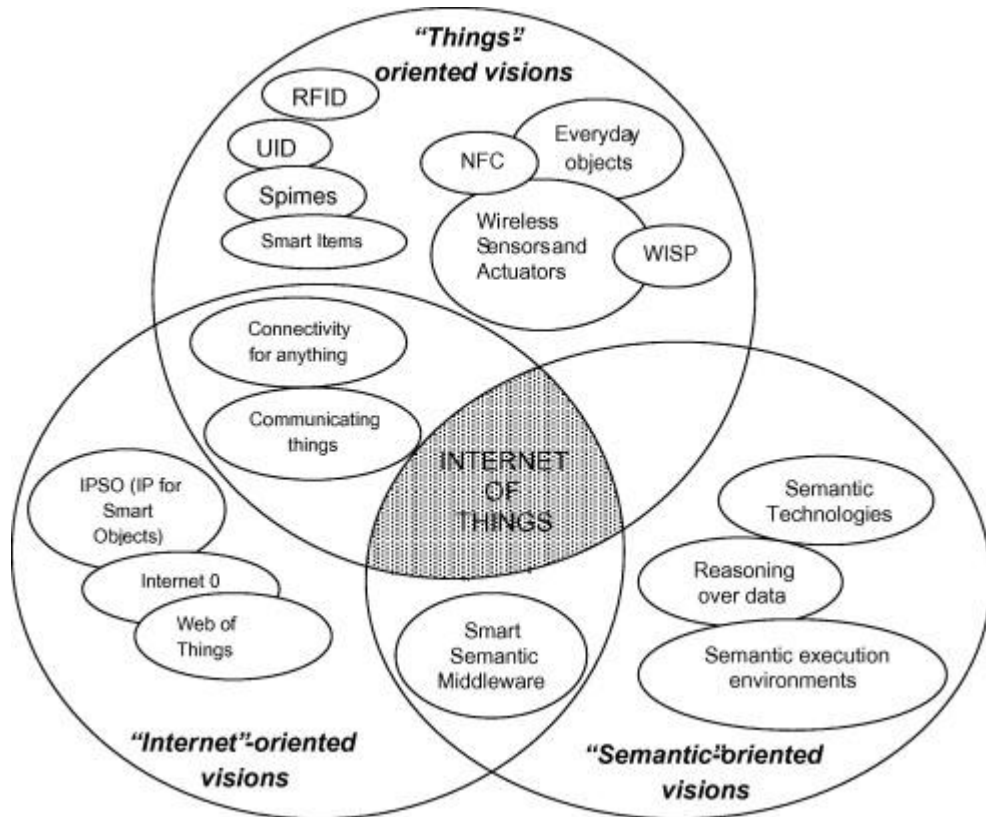


Figura 7: Diagrammi di Eulero-Venn per la descrizione dell'Internet of Things

Nel caso della visione degli oggetti, le tecnologie più utilizzate sono l'RFID e l'NFC. E' molto frequente in letteratura avere una sovrapposizione tra il concetto stesso di *Internet of Things* e la tecnologia RFID (Welbourne, E., Battle, L., Cole, G., Gould, K., Rector, K., Raymer, S., ... & Borriello, G, 2009), (Yan, L., Zhang, Y., Yang, L. T., & Ning, H., 2008); (Jia, X., Feng, Q., Fan, T., & Lei, Q. 2012). Il suo uso così massiccio è dovuto in particolar modo all'aspetto di contenimento dei costi associato al basso prezzo dei sensori ed alla presenza sempre più diffusa di antenne anche negli oggetti di tutti i giorni. In moltissimi *smartphone*, a partire da quelli di fascia medio bassa, è presente l'antenna NFC per il riconoscimento di tag.⁸

Per questa ragione la presente tesi sfrutta la tecnologia RFID per l'identificazione di oggetti fisici.

RFID è l'acronimo inglese di *Radio Frequency Identification*, ossia Identificazione a Frequenza Radio. La tecnologia permette un riconoscimento di alcuni tag grazie ad

⁸ La tecnologia NFC è un'estensione della tecnologia RFID, in quanto funziona con gli stessi principi ma impone delle regole sulla velocità di trasmissione e sul protocollo dei dati. La tecnologia NFC funziona solamente alla frequenza di 13,56 MHz mentre l'RFID può applicarsi a differenti range di frequenze

un'antenna e un lettore associato. I tag sono dei circuiti che ricevendo un segnale di tipo elettromagnetico da un'antenna permettono ad un lettore il riconoscimento del tag stesso, il quale è associato in maniera univoca ad un identificativo; e dunque ad una certa informazione. L'interazione dunque è senza fili e senza necessità di contatto, ma per prossimità. Riassumendo il sistema RFID consta di tre parti (Want, 2006):

- Un'antenna che emette il segnale, ad una frequenza fissata;
- Un tag apposto sull'oggetto, contenente l'informazione semantica e un identificativo. Solitamente il tag è una sottilissima etichetta che ha una faccia adesiva e può essere giustapposta su qualsivoglia materiale;
- Un lettore in grado di determinare la presenza di uno o più tag.

I tag possono essere sia attivi che passivi. Nel primo caso i tag sono alimentati e quindi sono in grado di emettere il segnale anche in assenza di un'antenna, mentre i tag passivi utilizzano il campo generato da un'altra antenna alimentata.

Come detto l'NFC (*Near Field Communication*) è un tipo particolare di RFID che lavora ad una determinata frequenza (13,56 MHz). In particolare questa tecnologia permette un altro grado di sicurezza e di velocità di comunicazione (Madlmayr, G., Langer, J., Kantner, C., Scharinger, J. 2008). In particolare la tecnologia NFC ha come punto focale la sua capacità di ricevere e trasmettere dati attraverso una comunicazione peer-to-peer.

Proprio per queste capacità l'NFC si sta guadagnando il ruolo di tecnologia per le transazioni bancarie via dispositivi mobile.

Le applicazioni dell'RFID e dell'NFC sono ormai particolarmente pervasive (Zhu, X., Mukhopadhyay, S. K., Kurata, 2012), (Liu, H., Bolic, M., Nayak, A., Stojmenovic, I., 2008), (Jia, X., Feng, Q., Fan, T., & Lei, Q., 2012): si va dalle industrie di distribuzione per il packaging di alimenti, alle transazioni di pagamento, alle operazioni di logistica intelligente, dalla vendita al dettaglio industria-abbigliamento, al settore sanitario, dal settore della logistica, all'industria dei viaggi e turistica e museale, dalle applicazioni bibliotecarie, al settore edile, dai trasporti all'istruzione e riabilitazione. Altri ambiti in cui RFID e NFC hanno fatto il loro ingresso sono l'ambito militare e delle esplorazioni marine, oltre al monitoraggio ambientale e la prevenzione di disastri naturali. La versatilità, il basso costo d'investimento, la semplicità d'uso ne fanno degli strumenti particolarmente utilizzati e ormai ubiquitari.

In quest'ottica, sebbene annoverata nell'elenco precedente, un campo non particolarmente esplorato è quello dell'educazione.

La tecnologia RFID può essere annoverata all'interno del quadro più ampio delle Interfacce Utente di stampo Tangibile – in inglese (Tangible User Interfaces – TUIs). Queste interfacce sono perfettamente aderenti nel espletare l'approccio ibrido (Skill, T. D., & Young, B. A., 2002) e (Di Fuccio, R., Ponticorvo, M., Ferrara, F., Miglino, O., 2016) in maniera da connettere in maniera salda l'ambito virtuale e il mondo reale e tangibile, collegandoli e permettendo un'interazione tra l'utente e l'interfaccia digitale che si perpetri tramite l'utilizzo di oggetti fisicamente manipolabili e tangibili. (Di Fuccio, R., Siano, G. & De Marco, A., 2017). Le Interfacce Utente Tangibili (che saranno approfondite nel prossimo capitolo) sono in grado di “aumentare” e “potenziare” gli oggetti fisici, o qualsiasi superficie o spazio che può supportare un coinvolgimento diretto con l'aspetto di tipo digitale. (Ishii, 2009)

Dunque questo tipo di tecnologia permette l'utilizzo di oggetti fisici e reali, proponendosi come un eccellente candidato per l'ambito dell'educazione e della riabilitazione dove c'è una necessità di interfacce di stampo fisico. Molte pratiche psico-pedagogiche, come visto nel Capitolo 2, lavorano sulla manipolazione diretta degli oggetti e dell'utilizzo della multisensorialità con la finalità dell'apprendimento grazie all'esperienza. Le TUIs, e quindi l'RFID o l'NFC sono quindi degli ottimi candidati per potenziare la manipolazione di oggetti e materiali stimolando la collaborazione, l'apprendimento e il *decision making* anche sfruttando le infinite opportunità derivanti dai dispositivi tecnologici. (Dewey, 2002). Tecnologie di questo genere diventano ancora più decisive nell'ambito della riabilitazione dove i pazienti, spesso con limitazioni dal punto di vista sensoriale, sono chiamati a svolgere compiti di stampo fisico e tangibile al fine del recupero dell'individuo (o il suo mantenimento).

L'RFID ha lo straordinario vantaggio di essere una tecnologia del tutto ecologica e trasparente, perfetta dunque per l'ambito dell'educazione e della riabilitazione, dove i discenti possono trovarsi a manipolare oggetti senza avere la percezione di “vedere il trucco” o comunque vivendo l'esperienza in una modalità naturale, dove la tecnologia è semplicemente un potenziamento dell'attività e non funge da ostacolo. In oltre le caratteristiche di alta flessibilità, l'alta velocità di comunicazione, la robustezza dei chip

e i costi bassi, ne permettono l'inserimento in contesti scolastici e casalinghi in maniera veloce, rapida e sicura.

In aggiunta alle sue caratteristiche di potenziare ogni tipologia di oggetto tangibile, l'RFID permette di creare esercizi educativi di tutti i tipi, sia prendendo spunto dagli esercizi già presenti nei sussidiari curricolari, sia esercizi che sfruttino le potenzialità della multisensorialità. Infatti è sufficiente apporre i tag passivi a campanelle od oggetti musicali, per creare esercizi che si focalizzano sul canale uditivo; oppure se i tag sono giustapposti su delle boccette di profumo o che contengono particolari odori si possono creare giochi olfattivi; o ancora se lo stesso principio viene applicato a dei contenitori con all'interno degli alimenti (caramelle, liquidi, ecc.) si possono sviluppare degli esercizi sulla base del senso del gusto. L'RFID permette quindi di superare le barriere della multisensorialità, producendo esercizi digitali che hanno come input elementi tangibili e sensoriali del mondo circostante, veicolando informazioni su canali come l'olfatto e il gusto, poco stimolati in ambito educativo.

Nella pratica possono diventare parte degli esercizi e delle attività didattiche, oggetti di tutti i giorni e materiali didattici, come blocchi logici, carte con immagini, lettere o numeri, forme geometriche, numeri tangibili, penne, giocattoli, pupazzi, ecc. Sostanzialmente, grazie all'adesione del tag (nel nostro caso passivo), si avrà la possibilità di convertire un oggetto in uno *Smart Object* (o Oggetto Intelligente) che sarà riconosciuto da un computer e permetterà un'azione diretta in un ambiente virtuale, che può essere un esercizio, una storia o semplicemente un'attività didattica. Il bambino sarà chiamato ad utilizzare in maniera fisica gli oggetti, che saranno quindi animati, o meglio animeranno la scena e uno schermo (pc, tablet o LIM) a cui sono connessi.

Dunque l'RFID e l'NFC sono degli eccezionali supporti per potenziare pratiche psicopedagogiche consolidate nell'ambito della *Technology Enhanced Learning*. In continuità con la pedagogia montessoriana, che come visto nel capitolo 2, si focalizza sul rafforzamento della manipolazione e dell'interazione fisica del bambino/discente con l'ambiente. L'RFID dunque sembra essere la tecnologia adatta a sviluppare il *Learning by Doing* di Dewey, focalizzando l'attenzione sull'importanza dell'esperienza nell'apprendimento.

2.2.1.1. Applicazioni RFID nel campo dell'educazione

Nel campo dell'educazione come detto si stanno vedendo i primi vagiti di applicazioni con supporti RFID. In questo ambito possiamo dividere tra lettori ed antenne RFID di tipo mobile oppure fisso.

Nel primo caso, i lettori sono comunemente contenuti in un dispositivo mobile, come ad esempio uno *smartphone* o un tablet che è in grado di esplorare lo spazio e determinare gli RFID posizionati nello spazio; nel secondo caso il riconoscimento dei tag è permesso da un dispositivo fisso che è in grado di riconoscere i tag RFID e l'informazione contenuta in essi. All'interno delle soluzioni di tipo fisso, è possibile fare una differenziazione tra le applicazioni con o senza filo.

Nel campo dell'educazione e della riabilitazione, sono particolarmente usate le soluzioni di tipo fisso in quanto si riscontra la necessità di eseguire i compiti e gli esercizi in un'area dedicata, molto spesso fornita di banchi e sedie. Chiaramente sono applicabili anche soluzioni di tipo mobile, ma sono meno fruibili in contesti formale come la classe, in quanto queste modalità propongono un'esplorazione dello spazio.

Una soluzione intermedia è quella delle soluzioni wireless in cui la tavoletta può anche avere un sua rilevanza massiva ma non è collegata fisicamente al *middleware* e all'elemento di presentazione (solitamente determinato da un pc o tablet che esplica le veci di entrambe le funzioni). Inoltre una soluzione wireless può essere convertita rapidamente da fissa a mobile a seconda dei contesti d'uso.

Un altro elemento particolarmente rilevante nell'ambito dell'educazione e della riabilitazione è collegato al numero di oggetti che possono essere riconosciuti simultaneamente dalla tavoletta (sistema lettore e antenna). La maggior parte di applicazioni, di cui verrà fatta una rapida rassegna nei prossimi paragrafi, si focalizzano sul riconoscimento di un oggetto alla volta, mentre la caratteristica del riconoscimento multiplo dei tag, e quindi degli oggetti, può permettere la formulazione di esercizi più complessi e che permettano di creare sequenze logiche, di parole o di sillabe. Il riconoscimento multiplo di tag può diventare particolarmente importante negli esercizi di comparazione e di seriazione. Nell'apprendimento e nella riabilitazione queste caratteristiche sono particolarmente importanti, si pensi ad un esercizio didattico per

l'apprendimento di parole nuove che connette una carta con un'immagine pittografica o fotografica da connettere logicamente ad una parola. Se l'antenna riconosce solamente un oggetto alla volta, l'esercizio si può ancora sviluppare, ma il meccanismo di gestione diventa artificioso e meccanico, mentre il sistema di intelligenza artificiale e di gestione dell'esercizio deve essere molto raffinato.

Le applicazioni più numerose nel campo dell'educazione sono nella formazione universitaria e vengono utilizzate per varie attività, come la localizzazione degli studenti, la gestione delle presenze automatica, i feedback in *real time* per gli studenti (Dicle, & Levendis, 2013); (Shen, Wu., & Lee., 2014), oppure per gestire la logistica nei campus con portali e lettori RFID (Turcu, Popa., & Gaitan, 2015), (Cheng, Jian-pan, 2013).

Per quanto riguarda invece le applicazioni per il settore scolastico, le casistiche sono inferiori. Ecco una lista di alcune applicazioni rilevanti nell'uso dell'RFID per la scuola (Di Fuccio, Siano & De Marco, 2017).

Smart School Bags. Il progetto propone delle applicazioni RFID, con lettori all'interno di zaini-*smart*. Lo zaino viene, dunque, aumentato per la gestione della giornata e le attività che verranno svolte in essa. Come complemento è stato aggiunto anche un bottone d'emergenza provvisto di connessione GPS per mandare la propria posizione nel caso di rapimento. (Anand, Srivastava, Sharma, Dhal, Singh, Meena, & Scholar, 2016).

Smart-Learning Education System using Robotic Pet. Il dispositivo sfrutta l'RFID di tipo mobile utilizzando a corredo la tecnologia Bluetooth. I due sistemi sono utilizzati in sinergia per permettere l'utilizzo di un piccolo robot finalizzato a migliorare la concentrazione dei bambini. (Choi, Jung, Kim 2014).

RoyoBlocks. In questo caso è stato utilizzato un peluche con le fattezze di una scimmia, che porge le mani con i palmi rivolti verso l'alto. A corredo vi sono dei blocchi di legno con sovraimpressioni delle parole. I palmi contengono delle antenne RFID e sono in grado di riconoscere i vari blocchi di legno, e dunque le parole corrispondenti, che vengono riferite dalla scimmia in peluche. La bambola contiene un modulo Arduino, un lettore RFID e un altoparlante. (Kleiman, Pope, Blikstein 2013)

Reading Glove. In questo caso abbiamo un'altra versione mobile, che viene contenuta in un guanto, che però non è fisso ma è gestito dall'utente. Con il guanto viene esplorato lo spazio per la creazione di una storia interattiva; l'utente infatti ha il ruolo di navigare

per la stanza e toccare con il guanto “aumentato” vari oggetti per creare una storia personalizzata. Da un punto di vista tecnico il sistema è provvisto di un modulo ZigBee per la comunicazione con il PC desktop. (Tanenbaum, Tanenbaum, Antle, 2010).

TangiSense. Questa soluzione propone un tavolo interattivo “aumentato” grazie alla tecnologia RFID. Il tavolo è composto da una matrice di antenne che compongono 1 metro quadro. Le antenne sono 64 della dimensione di 8 cm x 9 cm x 8 cm. Il sistema può essere usato in congiunzione con un proiettore che illumina con specifiche tavole il piano per la fruizione di giochi educativi. (Kubicki, Lepreux, Kolski 2012).

E-Playground. Questo progetto propone un pavimento interattivo che usa tag RFID passivi. Il sistema è gestito attraverso un software dedicato per lo sviluppo di giochi educativi a più giocatori. La struttura RFID ha il ruolo di riconoscere precisamente la posizione e tracciare il movimento dello studente durante il gioco. (Bassuony, Gaber, Lazem, Youssef, & Farag, 2016)

RFID-based digital board game platforms. Il progetto propone degli oggetti fisici e tangibili con tag RFID e delle tavolette attive. Le tavolette possono essere a singolo lettore RFID o sfruttano una serie di lettori, per la creazione di una matrice. Il sistema si connette con il PC grazie a moduli ZigBee. (Han, Kim Jung & Lee, 2012).

Le soluzioni presentate precedentemente hanno tutte un’ampia rilevanza, ma hanno due punti che questa tesi mira ad estendere.

Da una parte, se sono concepite con il riconoscimento di più oggetti contemporaneamente, allora utilizzano soluzioni a più antenne, con degli *array*. In questo caso i costi delle tavolette aumentano in maniera sostanziale ed è necessario un modulo di gestione che li controlli in maniera appropriata.

Dall’altra parte, tutte le soluzioni non utilizzano protocolli di tipo Wi-Fi che permettono una grande flessibilità del sistema e la capacità di comunicare con un server che traccia le attività di apprendimento dell’utente.

2.2.2. TUI – Interfacce Utente di stampo Tangibile

La Realtà Aumentata include tutte le applicazioni in cui sono presenti ambienti reali che vengono “aumentati” in presa diretta da un supporto tecnologico di tipo virtuale ed informatico (Carmignani et al. 2010).

La Realtà Aumentata dunque, propone una vista “rinforzata”, con un conseguente arricchimento dal punto di vista del patrimonio informativo, attraverso l’utilizzo del virtuale sulla base della realtà percepita dall’utente. L’elemento cruciale della Realtà Aumentata è centrato sulla possibilità di interagire con il supporto virtuale in maniera dinamica e attraverso azioni, comportamenti e input che sono propri del mondo reale.

Gli elementi, la cui presenza caratterizzano un’applicazione di Realtà Aumentata sono i seguenti (Carmignani et al. 2010):

- schermi in grado di proiettare o riprodurre il mondo reale, i quali possono essere fissi o anche indossabili (come a titolo esemplificativo i Google Glass);
- sistemi di tracciamento, come videocamere, fotocamere e altri sensori ottici;
- elemento preposto al calcolo, come *Personal Computer* o *SmartPhone*;
- strumenti di input.

Su questo ultimo punto si concentra il principio delle Interfacce Utente Tangibili (Tangible User Interfaces – TUI) ossia strumenti di input per sistemi di Realtà Aumentata a partire da oggetti fisici e di uso comune. L’utente ha la possibilità di interagire dinamicamente con la componente virtuale attraverso l’utilizzo e la manipolazione di oggetti tangibili. L’azione sugli oggetti fisici e tangibili comporta una perturbazione del sistema virtuale, provocando il riconoscimento delle caratteristiche dell’oggetto in questione, che può variare a seconda della tipologia di applicazione. Come verrà descritto negli esempi che seguono, il riconoscimento dell’oggetto può essere sulla base del suo contributo informativo, della sua dimensione spaziale o del significato assegnato.

Chiaramente diventa decisivo il processo di riconoscimento dell’oggetto da parte del sistema attraverso le tecnologie a disposizione e i conseguenti algoritmi e artefatti sviluppati. Sulla scorta di quanto introdotto, appare evidente quanto le *Tangible User Interfaces* beneficino delle tecnologie *Touchscreen*. Nei primi lavori in questo ambito, come ad esempio il caso del prototipo Bricks (Fitzmaurice, Ishii, Buxton, 1995), le ricerche subivano la limitazione da parte di tecnologie immature, che restringevano il campo di applicazione. Nel caso dei Bricks, era stato sviluppato un prototipo di un Tavolo Attivo (Active Desk) basato sulla proiezione di uno schermo di un pc su una lastra. Il posizionamento degli oggetti veniva riconosciuto tramite un sistema collegato attraverso cavi al pc. Non appena le tecnologie sono maturate grazie all’avvento dei sistemi

capacitivi, i lavori si sono concentrati sul riconoscimento del contatto delle mani e dei relativi tocchi su di uno schermo sensibile, utilizzando soluzioni wireless. E' il caso di SmartSkin (Reikomoto, 2001) e di ShadowGuides (Freeman, Benko, Morris, e Wigdor, 2009). Un passo successivo era rappresentato dalla codificazione di questi tocchi sullo schermo in maniera univoca, correlando dunque, il tocco della mano sullo schermo e la sua distribuzione specifica, attribuendone un identificativo univoco. Interessante in questo ambito l'applicazione di Arpage (Ghomi et al. 2013) che correla la disposizione delle dita su di uno schermo touchscreen con gli accordi musicali ed il lavoro TouchTokens (Gonzalez, Appert, Bailly, Pietriga, e Orsay, 2016) che ha sviluppato un algoritmo in grado di riconoscere l'oggetto sulla base della pressione agita sullo schermo dell'oggetto stesso, il sistema riscontra i tocchi dell'utente che manipola l'artefatto e ne determina univocamente il pezzo.

Altre applicazioni, si concentrano sul riconoscimento dell'oggetto su schermi touchscreen, non a partire dal contatto delle dita sullo schermo ma grazie al contatto di specifici "pin". L'utente manipola dunque oggetti fisici e li poggia sul touchscreen per il riconoscimento. E' il caso di CapWidgets (Kratz, Westermann, Rohs, & Essl, 2011) nella cui applicazione si sfruttano superfici multi-touch per riconoscere degli oggetti sulla base dei marker capacitivi posti inferiormente. Soluzione molto ben congegnata ma limitata a pochi pezzi riconoscibili. Applicazione interessante è anche quella dei CapStones e dei ZebraWidgets (Chan, Müller, Roudaut, & Baudisch, 2012) in cui il riconoscimento non è dato semplicemente da dei pin capacitivi ma anche dal peso di più pezzi posti l'uno sopra l'altro. Un altro approccio è quello TUIC (Hao-Yu et al. 2011) che lavora su differenti meccanismi per il riconoscimento, sia dal punto di vista della disposizione spaziale dei pin che dalla frequenza dei circuiti di modulazione attiva.

Gli schermi touchscreen commerciali hanno delle limitazioni per questo tipo di applicazioni, infatti vengono provvisti di filtri in grado di prevenire tocchi accidentali o sostenuti per un tempo prolungato. Sulla base di questi filtri, il sistema è in grado di riconoscere solo oggetti che sono mantenuti sullo schermo dall'utente, ma vengono persi quando l'utente rimuove la mano. Per questo molti lavori si concentrano sulla possibilità di utilizzare oggetti su schermi touchscreen senza contatto: è il caso di PUCs (Voelker et al. 2013) e PERCS (Voelker et al. 2015).

Chiaramente maturando le tecnologie, divengono interessanti e specifici i campi di applicazione che passano dalla biologia, come il prototipo SLAP (Wiess et al. 2009), il mondo del Gaming su normali sistemi touchscreen (Bock, Fisker, Topp, & Kraus, 2015) o infine per applicazioni di disegno (Blagojevic, Chen, Tan, Sheehan, & Plimmer 2012).

Applicazioni scolastiche nell'ambito della ricerca nelle TUI sono molto più limitate, un'eccezione è rappresentata dal progetto GAINÉ (Bottino., Martina, Strada, & Toosi, 2016) che non si applica ad una superficie tablet/smartphone commerciale ma sfrutta un sistema prototipale hardware specifico di stampo touchscreen per l'applicazione e si orienta ad applicazione di *edutainment*.

Contrariamente ai lavori scientifici, vi è una larga presenza di applicazioni commerciali che utilizzano la Realtà Aumentata in combinazione con Interfacce Tangibili per applicazioni didattiche e nell'ambito dell'infanzia.

Tra questi è possibile citare le applicazioni sviluppate da Imaginarium della linea i-wow⁹ in cui i "giocattoli" potenziano l'utilizzo del tablet. Le applicazioni si differenziano sull'ambito di riferimento e includono forme, strumenti musicali, lettere e numeri, fino ad arrivare ad applicazioni di *edutainment* per allievi più grandi come nel caso di applicazioni legate al corpo umano e al sistema solare.

Anche la Lego ha sviluppato prodotti che connettono mondo virtuale con i celebri mattoncini con l'App Brick¹⁰ in cui dei specifici pezzi possono venire riconosciuti dal sistema touchscreen. Anche in questo caso l'elemento caratterizzante non è un numero elevato di pezzi riconosciuti, ma l'interazione con un'interfaccia grafica piacevole ed attraente.

Un'altra soluzione in quest'ambito è stata sviluppata dalla Disney, chiamata AppMATE toys¹¹ in cui una macchinina/giocattolo di un celebre cartone è l'oggetto reale che anima la scena sul tablet. L'animazione consta nella corsa del giocattolo su piste, interagendo con il mondo virtuale creato. L'applicazione non si focalizza sul numero di oggetti riconosciuti, in quanto il numero delle macchine da utilizzare è esiguo, ma dal posizionamento del pezzo e dall'algoritmo di interazione con il motore grafico.

⁹ <http://www.imaginarium.it/iwow.htm>

¹⁰ <http://www.lego.com/en-us/ultraagents/app-brick>

¹¹ <http://www.appmatestoy.com/>

Tornando a soluzioni più legate all'ambito delle didattiche, troviamo Tiggly¹² una società che ha creato applicazioni e *widget* tangibili per l'educazione rispetto a nozioni di base per bambini. Le applicazioni riguardano l'ambito delle lettere (vocali), delle forme e della matematica (operazione di conto tramite forme). Ogni applicazione riconosce al massimo 5 oggetti fisici e ne permette l'interazione con degli esercizi specifici. L'elemento interessante è la penetrazione del sistema in oltre 1500 scuole.

2.2.3. Lavori collegati

2.2.3.1. Il progetto Block Magic

Un progetto legato a doppio filo con la presente tesi è il progetto Europeo BlockMagic.

BlockMagic¹³ (Miglino, Di Fuccio, Di Ferdinando, & Ricci 2015) è un progetto di ricerca nel quadro del programma europeo LLP-Comenius, che si è concluso nel mese di novembre 2013. Il progetto ha coinvolto 4 differenti paesi (Italia, Germania, Spagna e Grecia) coinvolgendo 5 Partners: il capofila di progetto, l'istituto di Scienze e Tecnologie della Cognizione del CNR, la Lega del Filo D'Ora, l'Università di Barcellona, l'Università di Dresda e la scuola Ellinogermaniki Agogi. (Miglino, et al., 2013)

BlockMagic è uno dei progetti ispiratori di Inf@nzia DIGI.tales 3.6 (vedi 2.2.3.2) ed ha sfruttato la tecnologia RFID e l'approccio ibrido nel campo dell'educazione per bambini delle scuole dell'infanzia e della primaria.

Lo scopo del progetto BlockMagic era di creare piattaforme ibride in corrispondenza a due contesti differenti, da un lato creare una giunzione tra il mondo digitale ormai comune per i nuovi nativi digitali con gli strumenti di un tipico ambiente tradizionale (scuola o casa, ecc), da un altro lato connettere il mondo fisico con pratiche psicopedagogiche ben consolidate.

Il progetto mirava a creare una sintesi tra la manipolazione fisica e tecnologia. L'obiettivo del progetto è stato quello di recuperare un pratiche psico-pedagogiche tradizionali, (Di Fuccio, Ponticorvo, Di Ferdinando, & Miglino, 2015) di ispirazione Montessoriana, finalizzato all'apprendimento / insegnamento attivo per una reale inclusione dei bambini, sfruttando l'opportunità delle attuali tecnologie. BlockMagic ha sviluppato un prototipo

¹² <https://www.tiggly.com/>

¹³ www.blockmagic.eu

che ha potenziato i tradizionali blocchi logici, materiale strutturato ampiamente utilizzato nelle scuole materne, scuole primarie, centri di riabilitazione, baby-parchi, ospedali per bambini e la casa. La ricerca sul progetto BlockMagic ha sviluppato una tavoletta attiva (o “magica”) in grado di riconoscere i blocchi fisici dotati di tag RFID passivo e di comunicare con un PC o un tablet. Il progetto ha prodotto anche un software dedicato provvisto con elementi di intelligenza artificiale che nel quadro del prototipo si prefiggeva un duplice compito: da un lato, rappresenta un tutor artificiale, capace di seguire ed adattarsi alla specifica curva di apprendimento per ogni bambino e dall'altro per fornire all'insegnante un sistema di monitoraggio per valutare la sessione giocata.¹⁴

2.2.3.1.1. La piattaforma BlockMagic

BlockMagic è un prototipo hardware-software che utilizza sensori RFID e un sistema di tutoraggio artificiale in modo da collegare diversi strumenti in un ambiente come la scuola o da casa.

L'obiettivo generale è stato quello di ridurre la presenza di un adulto che supervisiona le attività (insegnante o un genitore).



Figura 8: La valigetta di BlockMagic con i blocchi con i tag RFID

¹⁴ https://www.youtube.com/watch?v=LYoIYDYZ28c&list=UU-_1Ws_A7SeTT86orDRxcLQ

L'hardware è basato su tag RFID (si possono osservare nella Figura 8 e Figura 9 delle piccole porzioni adesive che sono proprio i tag) che sono adesi sui tradizionali blocchi logici per permetterne il riconoscimento da un lettore attivo collegato a un Tablet / PC (la tavoletta bianca di Figura 9). (Miglino, Di Fuccio, Rega, 2013)



Figura 9: Le parti della piattaforma BlockMagic: i) la tavoletta RFID, ii) il software nel PC e iii) i blocchi logici taggati

In generale i sistemi RFID sono costituiti da un'antenna e un lettore, che è in grado di leggere la radiofrequenza e trasferire le informazioni a un dispositivo, e il tag adesivo che ha un costo veramente contenuto, che è un circuito integrato che contiene il circuito RF e invia le informazioni da trasmettere.

Le parti del sistema sono tre (vedi Figura 10):

- PC / tablet: equipaggiato con il software di BlockMagic in grado di simulare le azioni degli insegnanti, proponendo esercizi, predisponendo una valutazione dei risultati e gestendo un archivio per l'individualizzazione dell'apprendimento.
- Tavoletta attiva: contenente l'antenna (nascosta al bambino) in grado di comunicare con il PC/Tablet e di riconoscere i blocchi logici con i tag RFID. Il bambino ha il compito, sulla base degli input a schermo, di porre i blocchi corretti per l'esercizio richiesto.
- Software: disegnato sulla base della metodologia del progetto e contenente una larga varietà di esercizi che stimolano le capacità matematiche, logiche, strategiche, creative, linguistiche e sociali. Il software ha elementi di intelligenza artificiale per la proposta dell'esercizio idonea al discente. Il motore software "intelligente", sviluppato nel corso del progetto, riceve l'input dalla scheda e genera un "azione" direttamente sullo schermo.

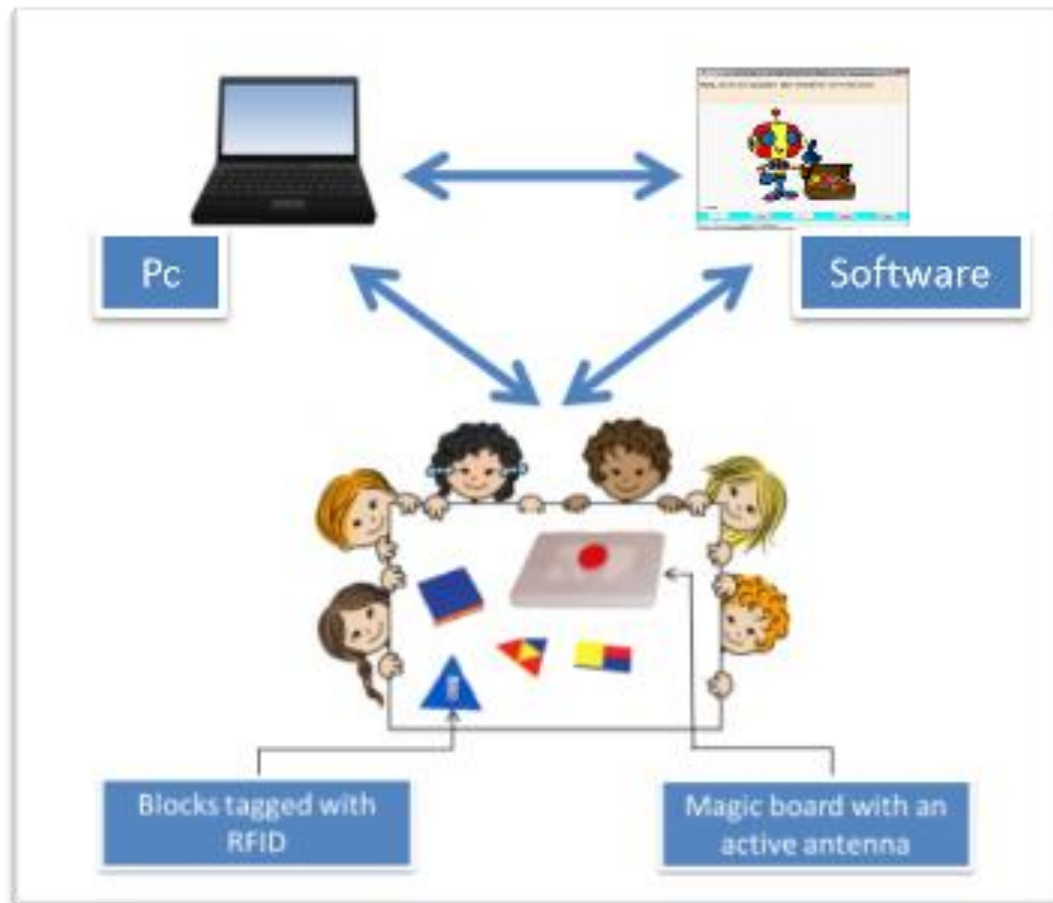


Figura 10: Lo schema di funzionamento generale della piattaforma BlockMagic

Operativamente, quando un utente inserisce uno o più blocchi sul lettore attivo di BlockMagic, in collegamento via Bluetooth o cavo ad un PC / tablet, il sistema riconosce i blocchi e che forniscono dei feedback acustici e visivi opportuni per lo studente. Questi feedback supportano l'allievo al fine di risolvere diversi esercizi per abilità differenti (matematica, logica, *problem solving*, creatività, ecc). Il motore "intelligente" del software, sviluppato nel corso del progetto, riceve l'input dalla scheda e genera un "azione" direttamente sullo schermo.

Più in generale, BlockMagic si basa sull'idea di blocchi tangibili che sono in grado di interagire in una dimensione intelligente con gli utenti.

2.2.3.1.2. *La sperimentazione*

I metodi, le esercitazioni e le tecnologie sviluppate dal Consorzio di BlockMagic sono stati testati nelle scuole materne ed elementari con bambini e insegnanti in Grecia, Italia, Germania e Spagna tra i 3 ai 7 anni. Nella sperimentazione sono stati coinvolti 22 insegnanti, quasi 500 studenti, e alcuni bambini con bisogni speciali in varie scuole

europee. In Italia in particolare, la Lega Del Filo D'Oro ha condotto la sperimentazione con i bambini con bisogni speciali (BES). (Miglino, et al. 2013), (Di Ferdinando, Di Fuccio, Ponticorvo & Miglino 2015)

Durante le sessioni, i ricercatori del progetto avevano il compito di supervisionare le attività, prendere appunti e stendere un report. Dopo le sessioni, i ricercatori hanno condotto delle interviste con gli insegnanti partecipanti alla sperimentazione. Le interviste si focalizzavano in particolare su tre aspetti (ergonomia, utilità e soddisfazione) per i tre scenari.

Le osservazioni e le interviste con gli esperti raccolti sullo scenario individuale mostrano una visione incoraggiante. La natura nascosta degli strumenti digitali permette un elevato grado di accettazione da parte degli insegnanti e dei bambini nelle scuole. Il loro approccio globale è stato positivo e consideravano BlockMagic come uno strumento adatto per le scuole, sottolineando alcuni punti positivi e alcuni punti deboli.

Per quanto riguarda l'utilità, gli insegnanti considerano BlockMagic uno strumento importante che potrebbe essere aggiunto nella routine quotidiane scolastiche, con alcuni miglioramenti che permetteranno una usabilità migliore. Gli esercizi previsti in BlockMagic sono considerati idonei per i bambini della fascia target di età. A loro parere BlockMagic stimola principalmente le abilità matematiche e logiche e con un grado minore anche la creatività, le capacità strategiche e la lingua. In particolare, la creatività è stimolata, ma i bambini sembrano preferire la costruzione di immagini utilizzando i blocchi logici anche quando non interagiscono con la piattaforma. La caratteristica che gli insegnanti apprezzano soprattutto è la capacità del sistema di fornire un feedback diretto. Gli insegnanti hanno ritenuto che BlockMagic stimola i bambini a imparare, in particolare i bambini con problemi di concentrazione.

Per quanto riguarda l'ergonomia, gli insegnanti ritengono che il prototipo ha alcune caratteristiche da migliorare, alcuni esercizi contengono alcuni ostacoli che ne pregiudicano l'esito. Ad esempio: la ripetizione di una stessa azione, la necessità di predisporre un blocco per iniziare un gioco, ecc. sono tutti vincoli che limitano l'ergonomia della piattaforma. Tuttavia, le osservazioni hanno mostrato che i bambini utilizzando BlockMagic per una sessione divengono confidenti con il dispositivo. Gli studenti hanno imparato rapidamente le funzionalità di BlockMagic e le richieste di supporto all'insegnante durante il gioco individuale erano limitate. Gli allievi chiedono

aiuto solo quando la spiegazione dell'esercizio da parte del software appariva carente. Un problema riguardo all'ergonomia è stato il riconoscimento dello spessore dei blocchi logici per i bambini tra i 3 e i 4 anni.

Per quanto riguarda la soddisfazione, i bambini hanno apprezzato l'intero strumento, con una forte preferenza per il feedback acustico (il software BlockMagic è impostato per chiamare l'utente per nome). Questa funzione sorprende i bambini e consente un'interazione rapida. La maggior parte dei bambini chiedevano esplicitamente all'insegnante di giocare di nuovo con lo strumento BlockMagic. Gli insegnanti hanno apprezzato questo elemento, in quanto i bambini trovano divertente "imparare" in questo modo, infatti essi avevano la percezione di giocare semplicemente.

BlockMagic ha rappresentato il punto di partenza per la presente tesi, il lavoro in cui è stato attivamente coinvolto l'autore, ha rappresentato il tassello da cui partire per la creazione di nuove prototipi, sulla base delle esperienze passate. Inoltre il progetto ha portato alla luce elementi decisivi per la creazione di un modello generale che coinvolge l'interazione tra sistemi ibridi, utenti, tutor umani e artificiali che verrà delineato nel capitolo 3.

2.2.3.2. Il progetto INF@NZIA DIGI.tales 3.6

La presente tesi si snoda in congiunzione con il progetto INF@NZIA DIGI.tales 3.6, da cui in maniera simbiotica, riceve e restituisce valori e risultati. Il lavoro di ricerca è stato sviluppato nell'alveo del progetto, sposandone l'ambito metodologico e le modalità operative.

Il progetto INF@NZIA DIGI.tales 3.6 (migliorare l'apprendimento tra i 3 e i 6 anni) è finanziato dal Ministero dell'Istruzione, Università e Ricerca nell'ambito della call denominata Smart Cities and Communities and Social Innovation – PON – Ricerca e Competitività, classificatosi come primo nel settore Scuola ottenendo un punteggio di 96/100. Il progetto avrà un costo totale di 9.227.664,15 €

Il consorzio è composto da otto Partner ed è guidato da Engineering SpA; coinvolgendo le società Fastweb SpA, Interactive Media SpA e il consorzio di imprese iCampus; oltre a quattro Università: l'Università di Roma – La Sapienza, l'Università di Napoli – Federico II, l'Università di Trento e l'Università di Salerno. Il progetto si avvale inoltre della partecipazione di tre amministrazioni rappresentative di differenti aree geografiche del nostro paese: Comune di Roma, Ufficio Scolastico Regionale Campano e Provincia di Trento. Le Amministrazioni coinvolte sono gli sperimentatori dei risultati di progetto, offrendo un ampio contesto potenziale di sperimentazione dei dispositivi e delle tecnologie.

INF@NZIA DIGI.tales 3.6, come recita il sottotitolo del progetto “Migliorare l'apprendimento tra i 3 e i 6 anni”, si orienta per fornire metodologie e dimostratori per bambini compresi tra i 3 e i 6 anni di età, con l'obiettivo di sviluppare attività di ricerca a sostegno del curricolo della scuola dell'infanzia e del primo anno della scuola primaria. Il progetto ha come obiettivo quello di connettere vari attori del panorama sociale, mettendo in comunicazione luoghi fisici e affettivi del bambino: il progetto mira a stabilire un continuum scuola-famiglia-città, valorizzando il contesto socio-culturale e territoriale, come i musei, parchi tematici, ecc. Inoltre intende sviluppare metodologie finalizzate al miglioramento della gestione e della qualità dei servizi amministrativi, utilizzando sistemi di tipo Social con tecnologie *Cloud*.

Anche in questo caso il progetto intende sperimentare le potenzialità dei dispositivi digitali per congiungerli con l'esperienzialità e il recupero di pratiche psico-pedagogiche

ben consolidate. L'idea è recuperare nell'ambito dell'educazione scolastica, il ruolo centrale del tatto e della manipolazione e il coinvolgimento dei sensi durante il percorso di scoperta, attraverso la creazione di ambienti di apprendimento innovativi per bambini dai 3 ai 6 anni di età.

Gli obiettivi specifici sono:

- ideare, progettare e realizzare Ambienti di Apprendimento Avanzati, integrati e integrabili nel curriculum per la Scuola dell'infanzia e nel primo anno della scuola Primaria;
- creare situazioni di apprendimento, di maturazione e di insegnamento che rispettino i principi di continuità e di crescita armonica e integrale dei più piccoli;
- costruire spazi di espressione e di esperienza plurisensoriale che abilitino il gioco simbolico, sfruttato in situazioni di gioco digitale e mediato dai linguaggi multimediali;
- promuovere una più intensa e fattiva partecipazione e relazione fra i diversi attori del percorso formativo (insegnanti, genitori), a beneficio di un più consapevole senso di corresponsabilità educativa.

Il progetto è iniziato nel mese di Giugno 2014 e terminerà il 31 luglio 2018

Anche in INF@NZIA DIGI.tales 3.6 è centrale l'approccio "ibrido". Nel progetto le attività saranno costruite in maniera tale da riproporre gli atti eseguiti quotidianamente. Gli utenti fruiranno della piattaforma di progetto, eseguendo compiti del tutto simmetriche alle routine tradizionali eseguite in classe (ad esempio il bambino è chiamato a scrivere o giocare con materiali comuni nelle scuole come blocchi logici, carte, ecc.). La tecnologia funge semplicemente come potenziamento nella proposizione dell'esercizio e nella risposta. Inoltre, grazie all'utilizzo dei sistemi di Tutoraggio adattivo si può fruire di percorsi personalizzati e avanzati per ogni singola necessità formativa, includendo dunque anche i bambini con Bisogni Educativi Speciali. Il processo, però, rimane sempre sotto la necessaria supervisione e gestione dell'insegnante. INF@NZIA DIGI.tales 3.6 intende sfruttare le tecnologie "ecologiche", ossia tali da risultare nascoste al bambino. In particolare il progetto andrà a creare una piattaforma didattica grazie all'integrazione di differenti tecnologie innovative come quelle RFID, gli

oggetti capacitivi riconosciuti da schermi touchscreen, gli *smart-table*, la *leap motion*, il Kinect, il riconoscimento vocale e il riconoscimento della scrittura.

Per quanto riguarda le infrastrutture tecnologiche a livello delle amministrazioni, si progetteranno e implementeranno risorse applicative e infrastrutturali basate prevalentemente su un paradigma *Cloud*. Grazie a questa struttura, il progetto intende migliorare la qualità e l'accessibilità dei servizi scolastici, facilitare le attività del personale docente, fluidificare la relazione scuola-famiglia e fra i genitori, creando un'attività di ricerca funzionale alla progettazione di ambienti di interazione a supporto di attività informative, formative, collaborative e relazionali dei diversi attori coinvolti.

2.2.4. Piattaforma del sistema Autore

STELT¹⁵ (Smart Technologies to Enhance Learning and Teaching) è una piattaforma software, realizzata da AIDVANCED s.r.l., che consente l'implementazione di sistemi di Realtà Aumentata con Interfacce Tangibili basati su tecnologia RFID (Radio Frequency Identification) e NFC (Near Field Communication). (Miglino et al. 2013).

STELT permette ad un utente di creare il proprio tipo di scenario, creando materiali personali e personalizzabili, dando la possibilità al fruitore di divenire l'autore dell'esercizio, potendo scegliere sia la meccanica di gioco, che la gestione dell'intelligenza interna. L'autore ha a disposizione uno strumento per lo sviluppo di applicazioni didattiche che sfruttano i materiali fisici e tangibili.

Da un punto di vista concettuale STELT ha la capacità di connettere:

- i protocolli di comunicazione con i vari dispositivi hardware (*reader* e dispositivi di output);
- un ambiente di *Storyboarding* per creare scenari di interazione di varia complessità,
- un *Database* per il tracciamento del comportamento dell'utente;
- un sistema di *Adapting Tutoring* in grado di analizzare ed interpretare tale comportamento, e fornire feedback pertinenti.

¹⁵ www.stelt.aidvanced.com

Come accennato precedentemente, l'autore che fruisce di STELT ha due compiti principali:

- Creare la meccanica del gioco e dello *storyboard* associato
- Sviluppare i materiali d'interazione per il sistema.

Per quanto riguarda il primo punto, l'utente può sviluppare l'esercizio o lo scenario in maniera del tutto autonoma, inserendo file audio, proponendo istruzioni scritte leggibili attraverso sintetizzatori vocali, costruendo frasi di riscontro rispetto all'esecuzione dell'esercizio (ad es. di stimolo nel caso di risposta errata, di complimento nel caso di risposta corretta), inserendo video, ponendo dei quadri di intermezzo per ragioni didattiche o ludiche, ecc. I vari moduli della scena generata dall'autore possono essere anche prodotti sulla base di periodi di tempo fissati, svincolando il sistema da un meccanismo di risposta umana e risposta del sistema.

L'altro ruolo è quello della creazione dei materiali. Questi materiali possono essere degli oggetti puramente virtuali nel caso si voglia costruire un esercizio che sfrutti solo la dinamica touchscreen; mentre la particolarità del sistema è di costruire materiali tangibili da connettere all'elemento virtuale. L'effetto è quello del riconoscimento dell'oggetto tangibile da parte di una tavoletta RFID (grazie al tag passivo). I materiali possono essere di qualsiasi fattura, l'unica limitazione è data dai materiali metallici: infatti se si pone il tag su materiali metallici, l'antenna passiva ha una perturbazione della frequenza da parte del materiale conduttivo e dunque il lettore non è in grado di identificare il tag specifico. Oltre a questo limite, si possono usare tutti i materiali dove è possibile inserire una piccola etichetta adesiva (12 mm x 12 mm nella sua versione più ridotta), in una zona planare dell'oggetto. Si noti che grazie alla caratteristica di prossimità, l'oggetto può contenere fisicamente nel suo interno il tag. È molto comune infatti predisporre una tasca all'interno degli oggetti per nascondere fisicamente il tag passivo. L'utente dunque sceglie la sua batteria di materiali utili per l'esecuzione dell'esercizio e li registra sul sistema. Per la registrazione è necessario porre l'oggetto provvisto di tag sulla tavoletta finché essa non riconosce l'identificativo univoco del tag (operazione che è sostanzialmente istantanea). Rilevato l'identificativo, l'utente deve compiere un'associazione tra il tag (e dunque l'oggetto) con un elemento del gioco. Se nel gioco si utilizza un triangolo rosso, il sistema lo riconoscerà solo quando, grazie a STELT viene connessa l'informazione del tag al

significato o simbolo triangolo rosso. Senza questa associazione, il sistema legge l'identificativo, che non ha nessun significato.

La piattaforma permette l'accoppiamento tra materiali fisici e significati, per ogni esercizio, lasciando completa libertà creativa all'autore.

Nella pratica STELT permette un funzionamento che viene descritto nella Figura 11 dopo l'operazione di appaiamento (o tagging ossia significazione degli oggetti fisici). Un utente colloca un oggetto "taggato" su una tavoletta che contiene al suo interno un'antenna RFID. Successivamente il segnale contenente il codice dell'oggetto viene inviato ad un computer (desktop, notebook, tablet o smartphone) dove è presente la piattaforma STELT. Questo produrrà degli effetti o azioni sulla base dello scenario implementato, ad esempio se in una sequenza triangolo rosso grande, triangolo blu grande, triangolo rosso piccolo e blocco incognito, l'utente seleziona il triangolo blu piccolo, il sistema produrrà un messaggio di successo, come ideato dall'autore secondo lo scenario corrente creato con il modulo di *Storyboarding*. (Miglino et al. 2013). Inoltre, tale segnale viene memorizzato ed analizzato dal modulo di *Adapting Tutoring*, al fine di creare un profilo personalizzato dell'utente e guidare le successive risposte del sistema. In questo modo l'interazione uomo-macchina avviene esclusivamente tramite la manipolazione / individuazione di oggetti fisici e l'attivazione da parte del computer di feedback sonori, visivi o l'attivazione di dispositivi hardware come ad esempio l'accensione di luci, l'avvio di un piccolo robot mobile, l'apertura di porte ecc.

Dal punto di vista tecnico, STELT si presenta come una SDK (Software Development Kit) contenente le librerie software per la gestione di sensoristica, *storyboarding*, monitoraggio e *adapting tutoring*, per la creazione di applicativi in ambiente Windows (Vista, 7 e 8, 10) e Android.

STELT è una sorta di linguaggio di programmazione semplificato per la creazione di percorsi ed esercizi educativi e/o riabilitativi per una tipologia di utente con capacità informatiche intermedie.

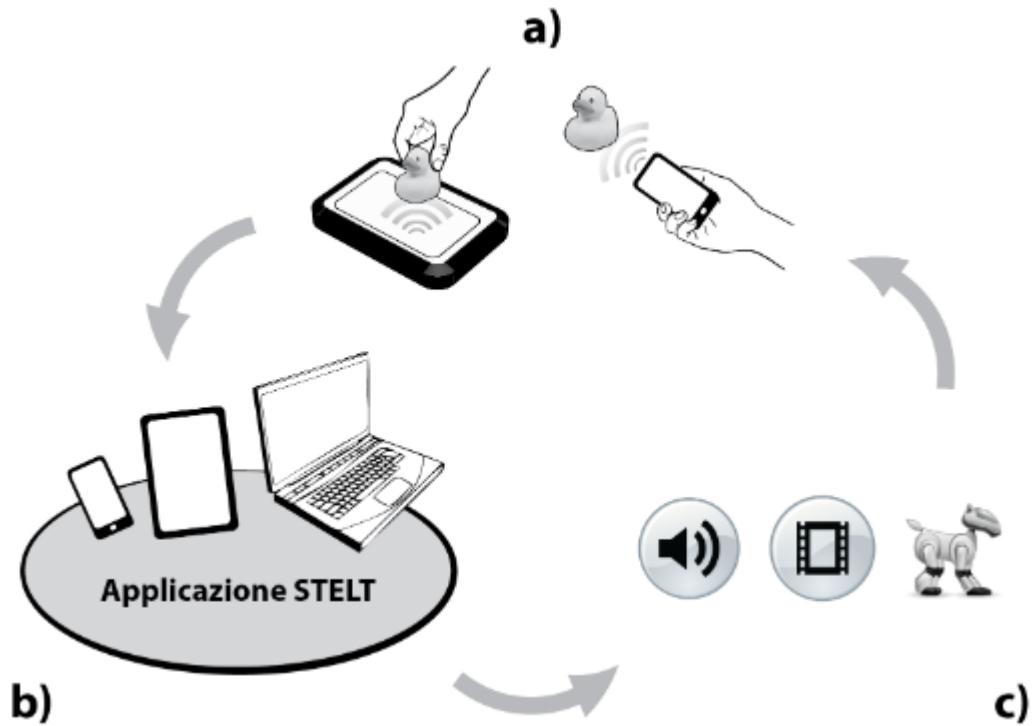


Figura 11: Descrizione di un generico ambiente di realtà aumentata sviluppato con STELT: a) un utente mette in contatto un dispositivo rilevatore di sensori RFID e un oggetto precedente “taggato”; Il rilevatore può essere inserito in una superficie (desk) o un accessorio maneggiato dall'utente stesso (smartphone, guanto, bacchetta); b) il segnale viene ricevuto da un dispositivo di calcolo (pc, Tablet-pc, smartphone windows o android) e viene elaborato attraverso il software sviluppato con STELT; c) viene emesso un feedback che può essere rappresentato da un file sonoro, video o dall'attivazione di hardware (per esempio un piccolo robot) (Miglino et al., 2013)

3. Piano di intervento per la costruzione di una piattaforma educativa

3.1. Specifiche architettura generale

In questa sezione si intende proporre una serie di specifiche e armonizzare il linguaggio introducendo le definizioni cardine per la creazione e definizione di un modello di intervento per una piattaforma educativa.

Il modello risulterà la struttura di riferimento per l'organizzazione dei prototipi, sia dal lato hardware che dal lato software in quanto gli stessi sono funzionalmente collegati grazie ai paradigmi della *Tangible User Interfaces* (TUIs) e dell'approccio ibrido.

Nei successivi paragrafi saranno riportate le definizioni fondamentali per la comprensione del presente documento.

3.1.1. Microgames (MG)

Con il termine microgames (MG) si intendono i singoli esercizi didattici che vengono implementati. Il "Microgame" rappresenta l'unità molecolare minima tra le forme d'interazione del gioco. Ogni microgame persegue determinati scopi didattici all'interno di un'area di competenza. Microgame è quindi una singola attività svolta dal discente attraverso una risposta e si conclude con la risposta della piattaforma educativa sviluppata. Ad esempio in un esercizio in cui l'apprendente deve completare una parola con l'utilizzo di una lettera (che può essere scelta tramite un meccanismo a schermo touchscreen oppure utilizzando uno *smart object* nella forma delle lettere da richiamare), l'operazione di domanda da parte del sistema (completare la seguente parola CA_A con l'immagine di una casetta a corredo), e la relativa risposta del discente con il feedback del sistema rappresentano il singolo "microgame". L'esercizio di trovare l'immagine corrispondente alla parola CASA è un differente microgame (MG). La risposta ad un MG può essere effettuata con vari tipi di interazione (voce, *touch*, sistemi RFID, ecc.). Ogni MG avrà sue caratteristiche specifiche e peculiari di implementazione, oltre ad una parte introduttiva in cui viene descritto il concetto che sarà contenuto nell'esercizio che il discente sarà chiamato a completare.

Ogni esercizio o MG può essere descritto secondo due modalità, da una parte la meccanica che definisce la modalità di esecuzione tecnico e funzionale dell'esercizio che

verrà descritto grazie al diagramma di flusso, e dall'altra parte il plot che implementa la descrizione operativa e narrativa del gioco in funzione del tipo di interazione richiesta.

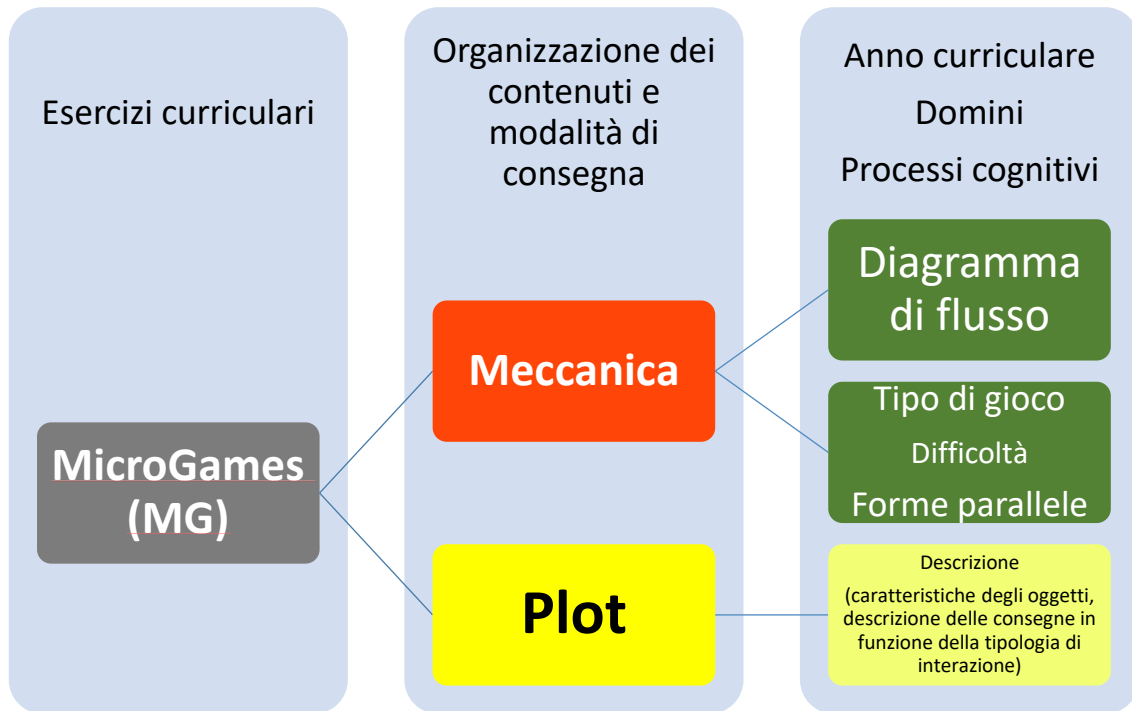


Figura 12: Divisione strutturale del Microgame (MG)

3.1.2. Forma parallela

Si intende forma parallela ogni tipologia di MicroGame dove varia semplicemente un attributo senza che varino né gli scopi formativi, né la modalità di richiesta dell'informazione.

Ad esempio nel caso del MicroGame descritto precedentemente (con l'obiettivo di completare la parola CASA per via della mancanza di una lettera), esso può avere varie forme parallele che richiedono lo stesso sforzo cognitivo per il bambino, nelle stesse modalità. Nella pratica, le forme parallele sono determinate dalle seguenti domande:

1. Completa la parola _ASA
2. Completa la parola C_SA
3. Completa la parola CA_A
4. Completa la parola CAS_

L'esercizio è esattamente lo stesso, anche la proposta dell'immagine è identica, la variazione è dovuta al tipo di risposta.

Esiste un altro livello di forma parallela, in cui lo schema dell'esercizio è lo stesso, nel nostro caso l'esercizio è "Completa la parola con la lettera mancante", ma variano le parole da determinare e le immagini associate. In questo tipo di esercizio può variare il livello di difficoltà, che un esperto (un tutor umano o chi è l'autore dell'esercizio) indicherà per permettere alla componente di intelligenza artificiale di gestire la proposizione opportuna dell'esercizio sulla base del livello di preparazione del discente.

In questo caso l'unica differenziazione tra le varie forme parallele riguarda l'immagine mostrata a schermo, senza cambiare gli obiettivi formativi e l'ambito didattico.

3.1.3. Playground

Il *playground* è lo spazio di gioco dove l'utente o gli utenti interagiscono. Lo spazio di gioco può essere diviso in caselle dove i giocatori inseriscono i propri elementi. Ogni casella può ricevere un input da diverse fonti ovvero con diverse modalità. (Dell'Aquila, E., Marocco, D., Ponticorvo, M., Di Ferdinando, A., Schembri, M., & Miglino, O., 2017). (Di Fuccio, R., Ponticorvo, M., Di Ferdinando, A., & Miglino, O., 2015)

3.1.4. Tutoring Systems

Il Tutoring System rappresenta il blocco di intelligenza artificiale che rientra nell'architettura di sistema e permettono:

- La selezione dell'esercizio sulla base delle risposte
- La proposta di feedback e suggerimenti per le risposte durante l'esecuzione dell'esercizio
- La valutazione delle informazioni collezionate nell'interazione con i MGs
- La gestione della reportistica su analisi generali del sistema

Il *tutoring system* determina dei punti di snodo e di gestione delle decisioni determinanti per permettere alcune caratteristiche determinanti del dimostratore, ossia:

- La personalizzazione
- L'adattabilità a diverse modalità di interazione (multimodalità)
- La gestione di diversi sistemi multimediali (multimedialità)

I sistemi di tutoraggio adattivo sono sempre sotto il controllo dei tutor (insegnanti / Genitori / *Caregivers*) che possono in ogni momento definire gli obiettivi didattici da

perseguire e settare le impostazioni sulla base delle preferenze. Le preferenze da parte del tutor umano per settare il tutor artificiale sono possibili grazie alla fruizione del programma STELT Viewer dove nel pannello Tutor è possibile settare le operazioni associate.

3.1.5. Utenti

3.1.5.1. Discente

Il discente è l'utente che interagisce con il sistema eseguendo i MGs che gli vengono proposti. Nel ambito di applicazione di questa tesi, gli utenti primari sono i bambini che fruiranno dei dimostratori e delle APP educative ad esse collegate, essi frequentano o l'ultimo anno della scuola d'infanzia e/o la scuola primaria. Il ruolo del discente è quello di fruitore della piattaforma; giocando con lo strumento il bambino apprende o allena le competenze definite dall'insegnante sulla base dell'esercizio di applicazione.

3.1.5.2. Tutor Umano

Come anticipato precedentemente il tutor umano può essere di vario tipo. A seconda del contesto d'uso possiamo avere varie figure che gestiranno il processo educativo e setteranno lo strumento.

Nel contesto scolastico gli insegnanti sono i tutor del processo e hanno vari ruoli.

1. Il primo è quello di definire i parametri dello strumento e indicare gli obiettivi formativi per ogni discente/gruppo classe.
2. Il secondo ruolo è quello della predisposizione delle attività in classe, attraverso la descrizione del materiale (sia hardware come il tablet o i materiali d'apprendimento, sia software) ai bambini e alla composizione operativa dell'aula.
3. Il terzo ruolo riguarda il controllo delle attività durante le sessioni di gioco/apprendimento: in questa fase l'insegnante può avere il compito di osservatore, può attivarsi come facilitatore della attività o infine può supportare il discente nei casi di difficoltà.
4. Il quarto ruolo è quello della valutazione dei dati e dei report ottenuti dall'utilizzo del sistema

Il processo è ciclico in quanto terminata la sessione e valutati i risultati, l'insegnante è chiamato a resettare lo strumento sulla base dei nuovi parametri e risultati (o verificare che l'adattamento del sistema intelligente sia opportuno) per una seconda riapplicazione del sistema.

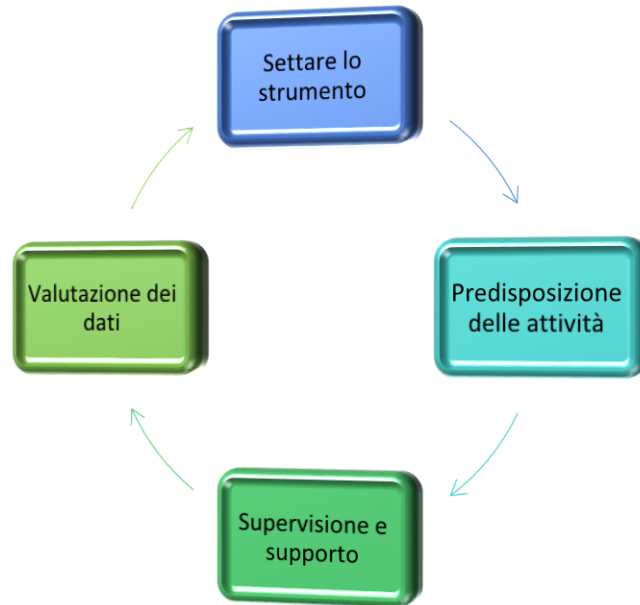


Figura 13: Dinamica ciclica del ruolo dell'insegnante nel processo d'utilizzo dei prototipi generati

Nel contesto extrascolastico, come ad esempio quello casalingo, l'insegnante mantiene un ruolo importante. Infatti gli insegnanti settano i parametri d'uso durante le attività scolastiche anche per la fruizione extrascolastica, indicando gli obiettivi formativi per ogni discente/gruppo classe.

Il genitore invece, in questo contesto, sarà il tutor operativo dell'attività, avrà quindi il compito di:

1. Predisporre l'attività a casa: permettendo la fruizione di un tablet/smartphone/pc con l'applicazione già caricata e mette a disposizione eventualmente il materiale supplementare (carte, blocchi, ecc.)
2. Impostare il sistema in base alle caratteristiche presenti nel contesto d'uso: ad esempio se a casa non ci sono le carte che vengono riconosciute dal tablet, il genitore dovrà deselezionare questa modalità permettendo una fruizione in versione touchscreen o con altri materiali analoghi e validati dall'insegnante.

3. Gestire l'attività: in questa fase il genitore può avere il compito di osservatore, può attivarsi come facilitatore della attività o infine può supportare il discente nei casi di difficoltà.

3.1.6. Scenario prototipico

Prima del primo incontro l'insegnante, formato secondo il sistema STELT e delle APP educative sviluppate, predispone l'attività. Per far questo predispone i materiali e li carica sui dispositivi d'uso (che possono essere di proprietà della scuola o del discente¹⁶) e ne verifica il funzionamento.

Durante la prima lezione, l'insegnante introduce il materiale di studio digitale (computer, tablet, smartphone) e quello fisico (penne, pennelli, carte, contenitori con odori, contenitori con sapori, oggetti tridimensionali, ecc.).

Il sistema riconosce il discente tramite un sistema di password o di identificativo fisico. L'identificativo fisico può essere il pID (personal ID), che può essere rappresentato da un oggetto caro al bambino, un suo "passaporto scolastico" oppure una chiave personale, che viene riconosciuta dalla tavoletta tangibile, permettendo l'accesso al singolo utente e dandogli la possibilità di recuperare la propria storia d'utilizzo delle piattaforme ibride e il proprio storico. Il sistema dunque sarà in grado di "riconoscere" l'utente quando fisicamente poggia il proprio pID sulla tavoletta e dunque potrà proporre l'esercizio idoneo sulla base della configurazione operata precedentemente. Questa soluzione non è stata implementata in questa fase di sperimentazione.

Quando il bambino farà l'accesso al sistema, il sistema propone un'attività didattica sulla base degli obiettivi impostati dell'insegnante. L'attività didattica viene spiegata al discente tramite un sistema di sintetizzazione vocale e gli viene richiesto di risolvere uno o più esercizi che si focalizzano sullo stesso concetto. Il bambino può eseguire il compito o saltare l'esercizio. In entrambi i casi l'esercizio seguente è selezionato da un sistema di

¹⁶ Negli ultimi anni si sta sviluppando una metodologia che prevede l'utilizzo nelle classi formali del proprio dispositivo casalingo. Non è più la scuola a fornire i dispositivi in aule di laboratorio, ma sono gli utenti che portano fisicamente il proprio dispositivo per gli utilizzi. Il tablet è esattamente come il quaderno o il sussidiario che non è acquistato dalla scuola, ma dalla famiglia del bambino (a meno di casi specifici dovuti alle difficoltà del caso). Ovviamente la sfida tecnologica si sposta verso gli sviluppatori che sono chiamati a produrre eseguibili cross-platform e utilizzabili su tutti i sistemi operativi. (French, A. M., Guo, C., & Shim, J. P., 2014)

tutoraggio intelligente (ATS) che si basa sulle risposte ottenute precedentemente dal bambino.

Durante l'esecuzione dei microgames l'insegnante ha il compito di supervisionare la classe ed essere pronto a rispondere alle richieste di aiuto e supporto da parte dei bambini.

I microgames vengono proposti finché l'insegnante non decide di concludere la sessione.

In qualsiasi momento, terminata la sessione, l'insegnante può consultare i dati ottenuti dalla classe e dai singoli bambini o i report prodotti dal sistema sulla base dei risultati.

L'insegnante può accedere al pannello di controllo in ogni momento per definire, ridefinire o rimodulare gli obiettivi didattici, selezionando o deselegionando alcuni campi. Ad esempio se l'insegnante verifica sulla base dei report e dei dati o sulla propria esperienza personale che un dato bambino ha difficoltà negli esercizi di matematica, può scegliere di assegnare nella successiva sezione solo esercizi di quell'ambito didattico.

3.2. Costruzione e sviluppo di APP multimodali e multisensoriali - Analisi modellistica

Uno dei risultati più importanti della presente tesi è lo sviluppo di un'analisi modellistica e la definizione di un modello concettuale per l'applicazione di APP multimodali e multisensoriali, basati sull'approccio ibrido e con materiali di tipo tangibile nell'alveo del filone delle TUIs per l'utilizzo didattico riscoprendo pratiche psico-pedagogiche attualmente in uso.

Il quadro metodologico, di connessione delle pratiche psico-pedagogiche descritte e del mondo dei giochi virtuali è ben definito dal concetto di *Hyper Activity Book* (HAB) (Di Fuccio, R., Ponticorvo, M., Di Ferdinando, A., & Miglino, O., 2015) riportato di seguito.

Gli HABs (Iperlibri), rientrano nella ricerca nella *Technology Enhanced Learning* (TEL), ovvero Apprendimento Aumentato con la Tecnologia e mirano a rappresentare la replicazione dei libri di testo curricolari e scolastici attualmente adottati nelle scuole, in una nuova ottica applicativa. Il libro, infatti è potenziato dalla presenza di un dispositivo digitale, che può essere un classico computer, un normalissimo tablet o il più comune smartphone, che ha il ruolo di visualizzatore degli esercizi, di invio dell'informazione acustica (con istruzioni e suoni pertinenti definiti dall'autore delle applicazioni) e come gestione del flusso informativo di ogni percorso didattico individuale. Il libro infatti, nelle

sue pagine propone degli esercizi e dei compiti, con delle istruzioni a supporto. L'iperlibro (HAB) propone la stessa dinamica ma risponde in tempo reale alle risposte dei bambini, permettendo una rapida correzione rispetto ai concetti sviluppati, non permettendo la formazione di credenze e convinzioni erranee che si oppongono totalmente al processo d'apprendimento. In aggiunta la modalità di risposta è multimodale, infatti l'HAB permette di dare risposte con più sistemi, come ad esempio il comune sistema touchscreen, oppure l'utilizzo di materiali taggati con etichette passive RFID e quindi nella forma di *Smart Object*, o ancora con sistemi di riconoscimento della struttura, della voce o sistemi *leap motion*¹⁷.

Il valore aggiunto del modello HAB è di unire l'utilizzo di dispositivi digitali e moduli di intelligenza artificiale (gli *Intelligent and Adaptive Tutoring Systems* per la gestione di alcune operazioni decisionali all'interno del ciclo) con l'applicazione di sistemi in grado di stimolare la multimodalità e la multimedialità al fine di creare un ambiente di apprendimento evoluto e aumentato.

In particolare, la multimodalità è legata alle interfacce naturali, multisensoriali e tangibili che sono invisibili all'utente, permettendo una interazione continua, senza l'uso di controlli artificiali che devono essere appresi, ma usando oggetti della quotidianità. E' l'oggetto stesso che produce l'effetto sul sistema. Il modello prevede dunque l'impiego di tecnologie che si basano sull'Internet delle Cose, degli *Smart Objects* e dei dispositivi tattili (*Haptic Devices*). Ma come detto può essere implementato anche con altre tecnologie oppure con più tecnologie contemporaneamente. Nei prototipi sviluppati nella tesi in molti esercizi, il discente deve rispondere alle richieste del MG con l'utilizzo di *smart object* (ad esempio trovare il contenitore dell'odore corretto) e per passare alla schermata successiva spingere sul tablet attraverso un comando *touch* che indica il bottone "Avanti – Prossimo Esercizio".

La multimedialità è la componente di risposta del dispositivo utilizzato. Il sistema dunque risponde attraverso una serie di output, che possono essere un'immagine, un suono, una frase d'incoraggiamento, un video, oppure una composizione di questi elementi sulla base della costruzione dello scenario da parte dell'autore. E' quindi evidente quanto la multimedialità rappresenti un elemento determinante per il livello narrativo e dunque lo

¹⁷ Questi ultimi tre sistemi non sono stati implementati nei prototipi di tesi ma sono concettualmente applicabili al modello

storytelling dell'esperienza didattica, proponendo idonee soluzioni grafiche, mantiene il bambino in una dimensione attrattiva (come ad esempio la presentazione di un esercizio didattico con una mascotte che commenta le attività).

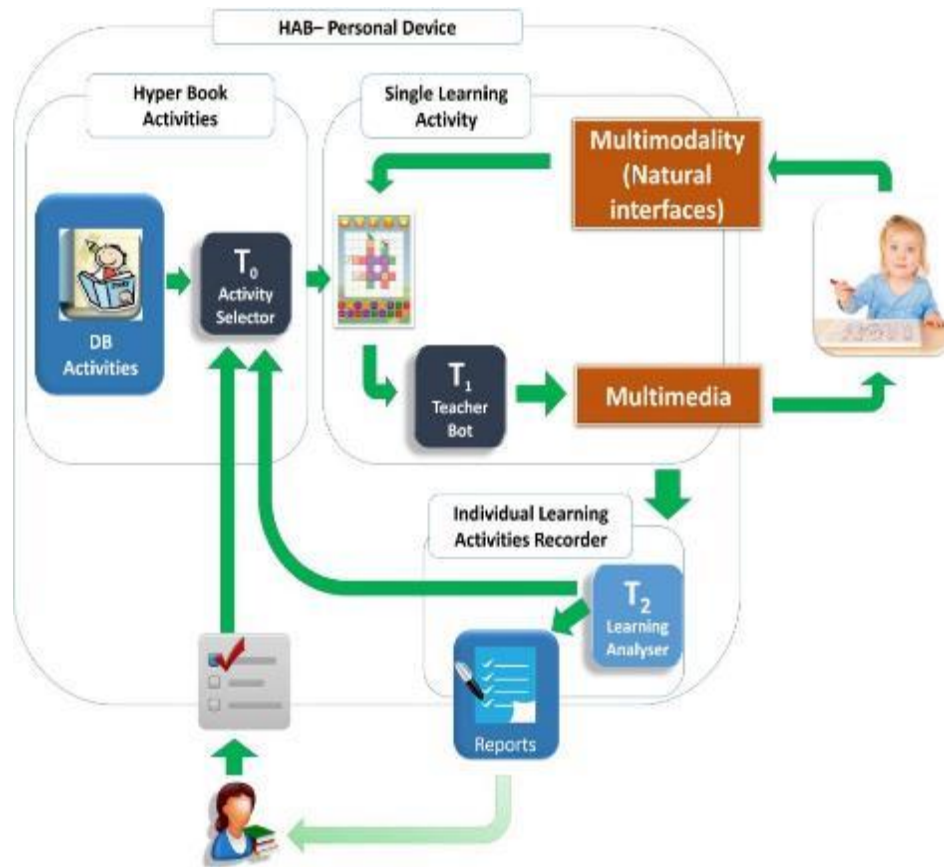


Figura 14: Modello concettuale della gestione di esercizi didattici con Tangible User Interfaces e sulla base dell'approccio ibrido come ponte tra gestione virtuale (tablet / PC / Smartphone) e mondo fisico (Smart Objects). Nel modello è rappresentato il tutor intelligente con tre funzioni differenti: la prima funzione (T0) seleziona le attività / giochi didattici dal database, la seconda (T1) permette al giocatore di proporre immagini, suoni e proiezioni multimediali sulla base degli input dell'utente che interagisce con interfacce multimodali, naturali e multisensoriali (dunque con interfacce tangibili); la terza (T2) analizza e osserva la relazione tra T1 e utente e ne traccia i risultati, determinando un'analisi dell'esperienza formativa.

Il modello prevede una gestione multimodale e multimediale per l'utente, arricchita da eventuali moduli di intelligenza artificiale in grado di creare un sistema ibrido e naturale per l'utente.

Il modello HAB è formato da più componenti che vengono descritte di seguito.

Un Database (DB) in cui sono contenuti tutti i MGs caricati. Un aspetto molto importante è la fruizione di un database molto popolato. Questo è possibile solo grazie ad una comunità di creazione giochi molto estesa. Parte di questo lavoro è stato condotto all'interno del progetto INF@NZIA DIGI.tales 3.6 che mira proprio a creare esercizi

curricolari per la fascia d'età 3/6. Nel presente percorso di ricerca, l'autore ha prodotto varie applicazioni per popolare questo database. Il Database deve essere caricato direttamente sul dispositivo ma in via teorica può essere concepito anche su *cloud*, soprattutto per le applicazioni future in cui può essere immaginato un modo differente di alimentare il DB.

Tutti i moduli, detti Tutor Artificiali e labellati con un numero, sono all'interno del singolo dispositivo d'uso.

Tutor 0 (T0): il tutor 0 ha il compito di selezionare gli esercizi. Gli esercizi saranno estratti sulla DB sulla base delle indicazioni e delle impostazioni degli insegnanti. Il tutor, che potremo chiamare Selettore degli esercizi, può avere varie tipologie di intelligenza. Può essere settato come un selezionatore casuale, può essere gestito come un selezionatore sequenziale nel caso in cui sia necessaria una gestione progressiva di alcuni attributi, oppure una gestione intelligente sulla base delle risposte date dal discente selezionando l'esercizio più idoneo al discente stesso. Come accennato il Tutor 0 fa parte del dispositivo ma il Database a cui fa riferimento può essere all'interno del dispositivo, quindi avere il DB localmente, oppure alimentarsi da un sistema *cloud* (in questo caso è necessaria la connessione internet).

Tutor 1 (T1): questo modulo, che viene definito *Teacher Bot*, permette al giocatore di proporre immagini, suoni e proiezioni multimediali sulla base degli input dell'utente che interagisce con interfacce multimodali, naturali e multisensoriali (dunque con interfacce tangibili). Sostanzialmente è l'organizzatore della meccanica di MG. In input ha proprio il MicroGame e propone all'utente attraverso funzioni multimediali la proposizione dell'esercizio. Dunque il T1 dà in output un'informazione che può essere sotto forma di domanda (propone l'immagine di una casa e la domanda "Completa la parola C_SA"). L'utente interagisce con la piattaforma attraverso i *tool* multimodali (materiali fisici taggati, touchscreen o altre tecnologie) dando la sua risposta. Questa risposta produce un effetto sull'esercizio che verrà gestito dal T1. Il T1 funge da insegnante di supporto al bambino, proponendo le domande idonee e restituendo i feedback appropriati sulla base delle risposte del bambino.

Tutor 2 (T2): il tutor intelligente 2 ha il ruolo della valutazione dei risultati della sessione. Questo si trova concettualmente all'esterno del gioco e ne "osserva" i risultati e le interazioni dell'utente con i vari giochi. T2 monitora e traccia tutte le attività didattiche

del discente. In input ha i risultati e il tracciamento delle azioni del discente (che può prendere direttamente da T1). Questi input vengono analizzati per produrre una valutazione qualitativa della sessione e raffrontarle con quelle delle sessioni precedenti se presenti, mostrando lo storico e la curva d'apprendimento del bambino. In uscita T2 restituisce dei report, sotto forma tabellare e di diagrammi. Il report in uscita può essere visualizzato dall'insegnante in ogni momento tramite il suo pannello di controllo e può essere utile per produrre delle retroazioni sui *setting* del T1 o proporre ulteriori esercizi complementari. L'insegnante infatti si interfaccia con un pannello di controllo, che permette di settare tutte le configurazioni dei vari tutor intelligenti, sia dei vari scenari (modificandoli se necessario), sia del selettore che dell'analizzatore degli esercizi in maniera da personalizzare ogni singola attività.

Questo tipo di modello è fornito per ogni dispositivo. Uno sviluppo futuro è estenderlo nella versione con più dispositivi, dove può esserci un tutor di livello superiore detto T3, che funge da aggregatore di dati: ossia ha il compito di analizzare i dati in maniera aggregata. Prendendo i risultati locali ottenuti da T1 e T2. T3 produce analisi a livello di più individui (a livello di classe, scuola, ecc.). La visualizzazione di determinati contenuti sarà gestita sul livello di privacy di ogni utente.

Tutto il processo è sempre controllato dall'insegnante che può agire su tutti i parametri del sistema permettendo la creazione di piani pedagogici precisi per ogni tipo di discente. Inoltre sulla base dei risultati ha la possibilità di riaggiornare e verificare i singoli piani didattici.

3.3. Modello operativo

Il presente paragrafo si prefigge l'obiettivo di riassumere le caratteristiche determinanti di un prototipo sulla base dell'analisi modellistica mostrata nel precedente paragrafo. Queste linee guida possono servire a qualunque autore intenda cimentarsi nella costruzione di esercizi sulla base dell'approccio ibrido e il design e l'implementazione dei microgames (MG).

Ogni scheda esemplificativa definirà tutti i parametri che serviranno per l'implementazione operativa dei giochi, come ad esempio la descrizione, il campo di

attività, l'indicazione del disegno da proporre al bambino, il tipo di interazione richiesta, il diagramma di flusso dell'operazione, ecc.

I risultati del presente documento derivano dallo stato dell'arte definito nei precedenti capitoli e dal lavoro compiuto in questo percorso di ricerca e nel progetto INF@NZIA DIGI.tales 3.6

Il potenziamento degli attuali sussidi didattici è l'obiettivo generale dello sviluppo del dimostratore e le caratteristiche base che devono avere sono:

- La personalizzazione del percorso didattico: il bambino affronta esercizi sulla base del proprio percorso individuale con esercizi di un livello di difficoltà compatibile con le sue conoscenze ed esperienze. Il sistema si adatterà automaticamente alle risposte del bambino e terrà conto degli obiettivi didattici fissati dall'insegnante. Ogni volta che il bambino avrà l'esigenza di rientrare nella piattaforma, il sistema recupererà tutte le attività compiute precedentemente per non perdere traccia dell'evoluzione compiuta.
- Il tracciamento dei dati: ogni attività nel corso della sessione è registrata e dunque l'insegnante può accedere al proprio pannello di controllo (in connessione con gli obiettivi dell'OR5) per controllare i dati grezzi collezionati dalla piattaforma. Questi dati sono la base per il controllo di ogni singolo percorso didattico.
- La presenza di un feedback immediato: il bambino ha immediatamente la conferma della correttezza della risposta. Attualmente il bambino è chiamato ad effettuare gli esercizi ma la risposta all'esercizio è data collettivamente solo in alcuni archi temporali, che potenzialmente possono essere lontani dallo sforzo intellettuale eseguito dal bambino, questa discrepanza può portare, nei casi peggiori, all'inefficacia della correzione.
- L'utilizzo di tecnologie ecologiche: il bambino si troverà ad interagire con un computer o un tablet ma con strumenti differenti e tradizionali, come penne, pennelli, carte, voce, ecc. L'idea di fondo è che il bambino interagisca in maniera naturale con il sistema senza la percezione e la conoscenza della tecnologia in uso e dunque senza necessità di formazione per utilizzarla efficacemente.
- La reportistica evoluta: il sistema prevedrà delle analisi dei dati ottenuti dall'esecuzione degli esercizi da parte del discente, che sarà visibile solo a

determinate tipologie di utenti (insegnanti, genitori abilitati, ecc.). Insegnanti e genitori potranno vedere l'evoluzione del percorso didattico del discente corredato da consigli, suggerimenti ed osservazioni.

- L'aumento della sorpresa e dell'interattività: il bambino ha un grado maggiore di soddisfazione nell'utilizzo di materiale interattivo, sia dal punto di vista della dinamica interna al gioco (ad es. i personaggi che si muovono e parlano), sia dal punto di vista del proprio riconoscimento (il sistema chiama per nome ogni singolo bambino).
- La possibilità di utilizzare uno strumento digitale con oggetti fisici: in questo modo si evita l'eccessiva focalizzazione sul dispositivo ma il bambino percepisce e impara ad interagire con gli oggetti fisici che si trovano nel mondo "reale". L'interazione non si consuma solo in maniera virtuale.
- La semplicità d'utilizzo: questa caratteristica deve coinvolgere sia gli insegnanti che i bambini, consentendo l'utilizzo di questo strumento senza bisogno di un periodo formativo. È possibile ottenere questo aspetto grazie all'uso di tecnologie ormai largamente utilizzate dalla popolazione, sia dagli adulti che dai nativi digitali.

3.4.Scenario funzionale dell'utilizzo della piattaforma generale

Il modello presentato nel paragrafo 3.2, è permesso sulla base dell'organizzazione di tre funzioni principali del sistema:

1. Creazione delle APP educative
2. Fruizione delle APP educative
3. Analisi dei risultati ottenuti sulla base dei singoli percorsi didattici

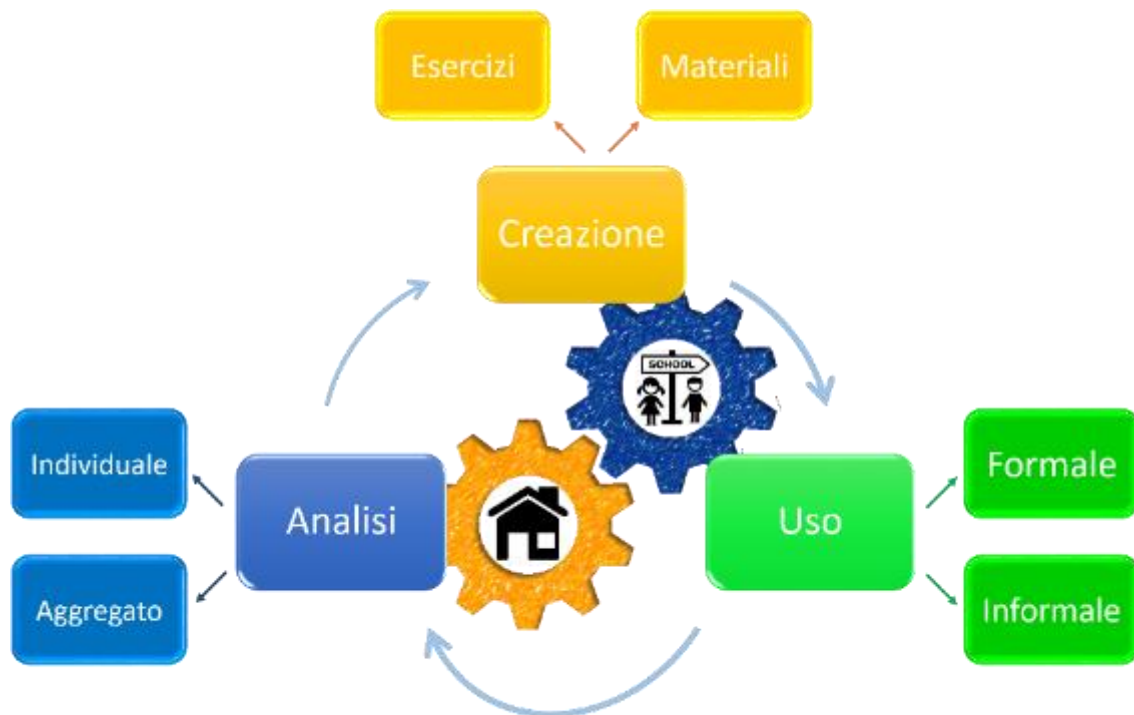


Figura 15: Il diagramma mostra le fasi funzionali della piattaforma modello, in cui è presente una fase di creazione dell'esercizio da parte del tutor umano che può definire i vari tutor artificiali presenti nel modello; una seconda fase di utilizzo che è possibile in tutti i contesti; infine una fase di analisi dei risultati sia in ordine individuale che aggregato.

Un fattore molto importante è la possibilità di permettere al singolo insegnante di creare il proprio scenario o la propria attività didattica. Chiaramente un insegnante o un genitore può utilizzare microgames già costruiti da altri utenti. La modalità è simmetrica a quella che avviene con sistemi di file *sharing* o di pubblicazioni di elementi, come ad esempio Youtube, dove c'è una folta platea di fruitori e un gruppo più ristretto che produce o carica i video.

Il sistema Autore di STELT (Migliano et al.2013) permette all'utente di creare il proprio percorso. Il sistema rientra nella Gestione di Risorse Educative Aperte (OER dall'inglese

Open Educational Resources) (Atkins, Brown, & Hammond, 2007). In questo modo l'esercizio può essere personalizzato sulla base delle singole esigenze di classi o piccoli gruppi.

Un altro livello di creazione di contenuti è quello dei materiali TUIs. Infatti esercizi già creati possono essere utilizzati con i propri materiali. Uno scenario esemplativo è quello in cui un gioco è stato sviluppato con dei materiali fisici nella forma di pupazzi di animali. Un insegnante può scegliere di utilizzare lo stesso esercizio costruendo delle carte con l'immagine degli stessi animali taggati con una etichetta RFID e quindi riconoscibili al sistema. Questo permette una personalizzazione totale degli esercizi, con oggetti facilmente reperibili e di bassissimo costo. Il materiale inoltre non perde la funzionalità iniziale, in quanto l'etichetta è solo incollata sull'oggetto e può essere facilmente rimossa. L'operazione informatica è quella di tagging, che può essere operata tramite il software STELT. Ad esempio con l'avvento delle stampanti 3D, è possibile costruire i propri oggetti e permettere il funzionamento nei vari esercizi. Questo permette la personalizzazione degli esercizi. La creazione di materiali specifici può essere decisivo per aumentare le possibilità di inclusione di tutti gli utenti compresi i bambini con disturbi specifici dell'apprendimento o ancor più nel caso di percorsi riabilitativi specifici.

Il secondo *step* è quello dell'utilizzo della piattaforma in vari tipi di contesti. Infatti il modello è applicabile sia in contesti formali della scuola e delle classi, permettendo l'applicazione di esercizi tramite la manipolazione e l'approccio multisensoriale. La fruizione di esercizi può replicare esattamente gli esercizi curricolari basati sugli standard ministeriali e contenuti nei sussidiari. Nel contesto scuola, è l'insegnante che conduce la lezione, selezionando i materiali e metodi, fruendo della piattaforma. La piattaforma non è un elemento esterno del percorso didattico, ma si accompagna alle spiegazioni classiche. Esattamente come i materiali vengono "aumentati" o "potenziati", le lezioni vengono "aumentati" o "potenziati" con l'utilizzo di questi sistemi. Le tecnologie non sostituiscono la lezione classica ma la rafforzano e ne rappresenta dei nuovi stimoli per i discenti. La sessione si può sviluppare sia in maniera individuale che con attività sociali.

Ovviamente l'applicazione di questi strumenti può essere utilizzata in contesti informali, all'esterno della scuola. I vari microgame possono essere utilizzati sia a casa che nei contesti della città come i musei, gli zoo, o le ludoteche. L'aspirazione, presa in prestito dagli obiettivi di INF@NZIA DIGI.tales 3.6 è quella di generare un continuum tra scuola

e casa. Il fattore positivo è quello di avere lo stesso strumento che si utilizza a scuola anche in contesti esterni, avendo una continuità e non perdendo il monitoraggio da parte dell'insegnante. Questo può essere particolarmente interessante per i compiti a casa e per i compiti delle vacanze, con il vantaggio di non dover aspettare la successiva lezione (che nel caso estivo può essere dopo alcuni mesi) per avere una risposta. Il modello dell'IperLibro è sempre simmetrico a quello del libro cartaceo, infatti, il tracciamento non è nulla di differente dalla compilazione di esercizi su sussidiari classici, che vengono in un secondo momento corretti dall'insegnante. La variazione è solo un feedback online, immediato, che migliora la fruizione di questi *tool* didattici.

Si può pensare di applicare specifici esercizi in contesti informali come associazioni cattoliche, centri di riabilitazione, gruppi informali (ad esempio per l'esecuzione di giochi di ruolo), scuole di musiche, ludoteche.

Infine l'altro aspetto funzionale che compone il quadro è quello dell'analisi dei risultati. L'insegnante ha il controllo completo dei percorsi d'apprendimento di ogni alunno. Infatti grazie ai tutor di analisi, che rientrano nell'ambito dei Learning Analytics, i dati delle sessioni d'apprendimento vengono valutate per ogni discente. L'insegnante può accedere al suo pannello di controllo e valutare tutte le sessioni. In questo aspetto è fondamentale il principio della privacy: gli insegnanti possono accedere solo ai propri alunni e al tempo stesso il genitore può accedere solo ai propri figli. Questo principio è decisivo ed è definito sulla base dell'architettura del database.

In aggiunta è possibile costruire risultati a livelli di aggregazione superiore. In questo modo l'insegnante avrà la possibilità di valutare dati globali della propria classe per capire l'efficacia dei vari esercizi e adattare i percorsi didattici per raggiungere i risultati pedagogici definiti.

4. Prototipazione di Interfacce TUI

Il primo risultato del percorso di ricerca è stato la creazione modellistica HAB (capitolo 3) che definisce il quadro entro cui concettualmente deve essere costruito un'architettura di tecnologie a supporto della didattica per bambini dai 3 ai 10 anni (facilmente estendibile anche ad altre fasce d'età).

In questo capitolo si mostrerà un altro risultato rilevante del percorso di ricerca che è rappresentato dai prototipi costruiti sulla base del modello HAB per l'implementazione di esercizi didattici basati sull'approccio ibrido e sulla multisensorialità.

In particolare sono stati sviluppati due prototipi hardware sfruttando due differenti tecnologie, mentre sono stati sviluppati vari applicativi software che contengono le singole attività didattiche

Gli hardware sfruttano da una parte la componente *touch* dei dispositivi digitali, sempre nell'ottica dell'approccio ibrido e delle TUIs. Infatti come vedremo nel successivo paragrafo, il dimostratore “potenzia” dei materiali fisici (nel caso specifico i blocchi logici già utilizzati in BlockMagic) con dei pin capacitivi. I pin capacitivi sono le appendici dei “pennini *touch*” ossia di quelle penne che sostituiscono le dita nell'utilizzo con schermi touchscreen.



Figura 16: Una penna—touch. Il corpo finale di gomma è stato usato per comporre i cosiddetti pin capacitivo.

Utilizzando una serie di pin capacitivi nel retro di un materiale, esso può essere riconosciuto da un normalissimo tablet solo per il posizionamento dello stesso sulla superficie con tecnologia touchscreen. Questo è possibile grazie allo sviluppo di un algoritmo specifico che permette di rendere univoca una certa disposizione di pin capacitivi.

In secondo luogo è stato progettato e sviluppato un prototipo di tavoletta con tecnologia RFID che migliora le tavolette precedentemente costruite nel progetto BlockMagic e permette il collegamento di tipo WiFi tra la tavoletta stessa e il sistema computazionale che processa le informazioni (PC, Tablet, ecc.). Come visto dallo stato dell'arte tecnologico (paragrafo 2.2) le applicazioni presenti in letteratura usano per lo più il cavo USB oppure utilizzano tecnologie Wireless non WiFi.

4.1.Pin capacitivi

La sfida maggiore del dimostratore denominato TriPod (Di Fuccio, Siano, De Marco, 2017) è stato di creare un algoritmo robusto di riconoscimento di oggetti tangibili su smartphone e tablet commerciali per applicazioni didattiche nel solco della pedagogia montessoriana e orientata al ruolo centrale della manipolazione.

L'idea è creare un supporto *user-friendly* e con un valore pedagogico rilevante, facilmente utilizzabile sia dai tutor umani, sia dai discenti (nativi digitali e non) e implementabile anche nelle tradizionali attività scolastiche italiane ed europee.

Il prototipo parte dal concetto di riscoprire la centralità della manipolazione, la capacità di interagire con oggetti fisici e tangibili, non solo per incrementare il fattore dell'interattività del dispositivo, ma come sussidio pedagogico al fine di coadiuvare l'apprendimento di nuovi concetti attraverso un approccio multi-modale. Infatti il discente si trova di fronte ad un quesito classico - ad es. trovare la figura mancante in una serie logica - in cui è chiamato a trovare la risposta attraverso l'utilizzo di forme fisiche, da esplorare, toccare ed apprendere. L'apprendimento quindi non si muove solo su un piano astratto, ma viene incrementato da un supporto tangibile che ne palesa le caratteristiche (forma, colore, dimensioni, ecc.).

Esercizi di questo tipo sono già presenti nelle scuole e gli insegnanti utilizzano strumenti ben conosciuti o si ingegnano a produrre materiali appropriati per stimolare l'apprendimento attraverso la manipolazione.

Tra questi materiali ampiamente utilizzati nelle scuole europee ci sono i blocchi logici di Dienes (Dienes, 1966), che sono delle forme geometriche che variano per alcune caratteristiche, come il colore, le dimensioni e appunto la forma geometrica.

Questi materiali vengono utilizzati dagli insegnanti per l'apprendimento della logica, dell'insiemistica, dei primi concetti di matematica attraverso esercizi di seriazione ed enumerazione.

Gli esercizi comunemente proposti dai tutor nelle scuole, sono stati convertiti in esercizi digitali e fruibili grazie a interfacce di tipo tangibile. Questo lavoro di ricerca si è sviluppato all'interno del progetto nazionale Infanzia Digi.Tales 3.6 come sviluppo di un precedente progetto Europeo denominato BlockMagic che ha esplorato le potenzialità dell'apprendimento attraverso la manipolazione dei blocchi logici. (Miglino et al. 2013)

Per il prototipo dei pin capacitivi sono stati scelti i blocchi logici di Dienes e utilizzati gli esercizi sviluppati in Block Magic.

L'idea è quindi creare una sorta di alfabeto localizzando i pin capacitivi sui blocchi logici, ogni specifica disposizione, formata da tre pin capacitivi – che verrà chiamata tripletta – (vedi Figura 17), compone uno caratteristico identificativo che può essere riconosciuto direttamente dall'algorithmo implementato. Quindi l'utente è chiamato a rispondere alle domande del sistema, in questo caso gli esercizi di BlockMagic, appoggiando l'oggetto direttamente sul tablet, che riconosce i tocchi e la specifica configurazione e ne associa il pezzo. Il sistema ha dei gradi di simmetria con gli RFID (vedi Tabella 1), in quanto grazie all'utilizzo di materiali fisici, è possibile svolgere esercizi didattici.

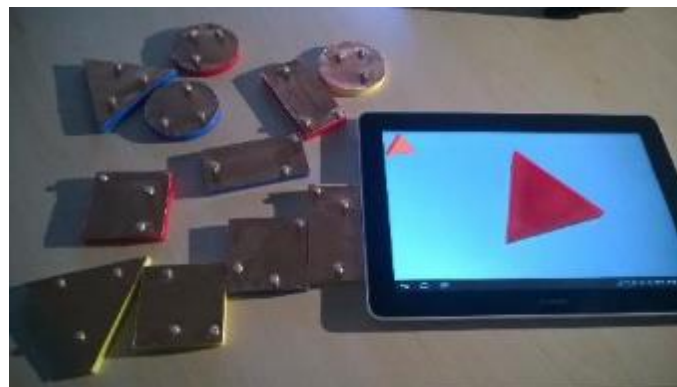


Figura 17. I vari blocchi logici, con le triadi formate dai pin capacitivi e a destra un blocco posizionato sul tablet e riconosciuto dal sistema.

	RFID	Pin Capacitivi
Tecnologia	Di prossimità – RFID / NFC	Di contatto – Tecnologia Touchscreen
Supporto necessario	Antenna e Reader	Un semplice tablet con OS Android
Connessione tra oggetto e significato	Tramite tagging	Tramite tagging
Tipologia di riconoscimento	Solo identificativo	Identificativo + posizione sullo schermo
Sistema di riconoscimento	Protocolli di comunicazione delle antenne e <i>reader</i>	Algoritmo implementato ad hoc
Limitazioni	Materiali metallici	Materiali con superficie planare con raggio di circa 3 cm
Numero di pezzi riconosciuti	Fino a 8	Fino a 3 (in maniera poco robusta)
Riconoscimento	Robusto	Necessità di premere leggermente sullo schermo
Numero di identificativi	Collegato alle stringe esadecimali contenute nei tag (svariate migliaia)	24

Tabella 1: Differenze tra le tecnologie dell'RFID e dei Pin Capacitivi

L'utilizzo dei blocchi logici è stato strategico vista la sua natura planare. La limitazione di avere una porzione planare dove posizionare le triadi è determinante, ma si possono utilizzare anche materiali con forme irregolari, creando delle sorte di basette, in linea con quanto veniva fatto con i soldatini in piombo. In questo caso le triadi possono essere collocate sotto la base del materiale.

Il grande vantaggio di questa tecnologia è di non avere una tavoletta addizionale, ma è il tablet stesso a fungere da tavoletta per fruire del gioco. In aggiunta, con il sistema dei Pin Capacitivi è possibile individuare anche la posizione spaziale, aprendo dei nuovi scenari. Infatti la tecnologia RFID non permette la determinazione della posizione del blocco (a meno di non avere un array di antenne) ma solo il suo identificativo. Nuovi giochi possono essere costruiti, in cui non solo bisogna dare una risposta rispetto al “cosa” ma si possono pensare microgame organizzati anche nel termine del “dove”.

Da un punto di vista tecnico (Di Fuccio, Siano, De Marco, 2017) il sistema permette l’identificazione di oggetti su tablet con sistema operativo Android.

Il sistema consta di tre parti principali:

1. L’oggetto taggato denominato *widget*, in questo caso il blocco logico diviene il *widget*;
2. Un tablet dotato di sistema operativo Android dove posizionare i blocchi;
3. Un dispositivo con Sistema Operativo Windows per la gestione delle informazioni in ingresso dal tablet.

Il riconoscimento dei *widget* avviene quando il sistema rileva i punti “sensibili” dei pin capacitivi sul tablet grazie ad l’applicazione specifica sviluppata. Il sistema invia le informazioni per il controllo del software alla componente 3 ossia quella con Sistema Operativo Windows

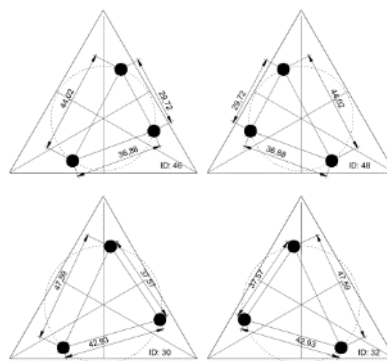


Figura 18. Si mostra come è stato concepito l’algoritmo di riconoscimento delle triadi dei pin capacitivi.

I tag capacitivi presentano nella loro superficie planare uno strato metallico per permettere alla superficie di divenire conduttiva e provvista di piccoli piedini di gomma

che protrudono dalla superficie. Questi hanno la funzione di mimare una tripletta di tocchi compiuti con la mano.

Ogni piedino di gomma, il pin capacitivo, ha un diametro di 5 mm ed è stato coperto anch'esso da materiale conduttivo. Una problematica emersa durante lo studio è stato collegato al riconoscimento del sistema dei tocchi, in quanto il sistema è concepito per le dita. Quando le dita vengono rimosse, il "tocco" viene perso; invece nell'applicazione questo tipo di caratteristica era assolutamente svantaggiosa. Quando il pezzo viene posizionato, deve essere riconosciuto anche quando la mano viene rimossa dal *widget*. Il design costruttivo descritto con lo strato di materiale metallico è stato concepito al fine di permettere il riconoscimento del *widget* anche dopo la rimozione delle mano. (Voelker, Nakajima, Thoresen, Itoh, Øvergård, & Borchers, 2013).

Il prossimo passo sarà permettere il riconoscimento di più blocchi contemporaneamente. Al momento in via teorica possono essere posti fino a 3 pezzi. Il limite è posto dal numero massimo di tocchi definito dai tablet commerciali in distribuzione, che si ferma a 10. Dunque solo tre triadi possono identificabili allo stesso tempo. Sebbene questa limitazione, nella pratica si può considerare robusto solo il riconoscimento a singolo *widget* (una sola tripletta), in quanto il contatto con più pezzi viene perso e non è ancora affidabile. Ulteriori studi verranno fatti in questo campo. La mancanza di robustezza è essenzialmente collegata alla presenza di filtri e sistemi che prevengono i tocchi indesiderati, portando ad un riconoscimento non stabile nel caso di più *widget*. Per risolvere questo problema che ha impattato anche nel caso di una tripletta, si è lavorato per ricercare uno stato stabile dei tre tocchi e si è inclusa una soglia di tolleranza per l'identificazione della specifica tripletta

L'algoritmo proposto identifica la distanza tra i punti *touch* dell'oggetto, che sono iscritti in una circonferenza. L'algoritmo ordina le tre distanze reciproche ponendo come riferimento la distanza maggiore e poi andando a prendere le distanze successive in ordine ordinario. Questa triade di distanze così ordinate formano una triade di vettori, che possono essere visualizzati su un diagramma cartesiano, che in questo caso è tridimensionale (vedi Figura 19). La prima distanza è posta sull'asse delle ascisse, la seconda sulle ordinate e la terza si posiziona sull'asse delle z. In questo modo la triade identifica un caratteristico punto nel piano cartesiano individuato dai tre vettori. A questo valore viene poi applicata la soglia di tolleranza per permettere di prevenire la

problematica dei filtri presenti nei sistemi operativi dei tablet. Questa è determinata con una tolleranza di 12 pixel di diametro.

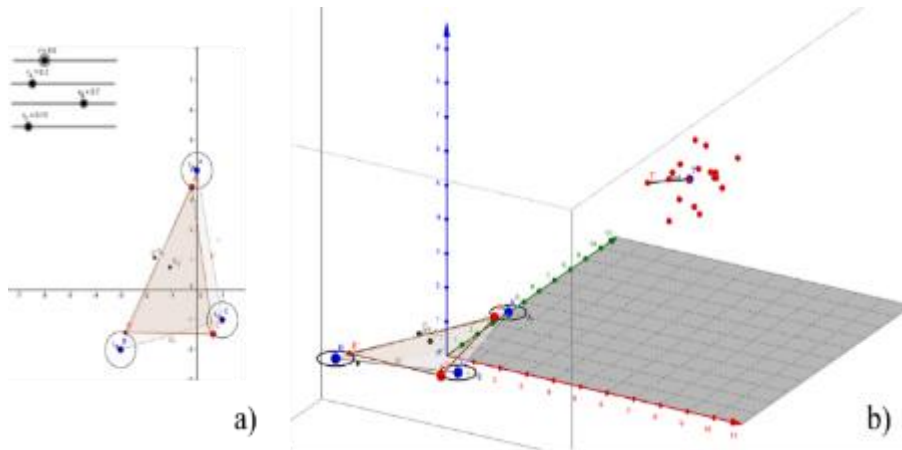


Figura 19. La porzione di sinistra indicata con la lettera a) mostra una generica tripletta, con i punti blu ad indicare il tocco rilevato e i punti rossi a determinare la soglia di tolleranza. Nella figura di destra, identificata con la lettera b), si trova il punto blu centrale che è determinato dai tre tocchi e una nuvola di punti rossi che rappresentano tutte le possibili configurazioni limite accettate.

Non appena il Sistema determina uno stato stabile per una finestra di tempo di 500 ms, questa viene inviata al Sistema. Come mostrato dalla Figura 19, nel diagramma cartesiano viene proiettata la singola tripletta, con un cluster di altri punti che sono quelli generati dall'effetto limite della tolleranza. Quando viene posta una nuova triade, verrà ricreata una nuvola correlata di punti sul grafico cartesiano. Il riconoscimento consiste nel determinare la minima distanza Euclidea tra il punto del pezzo incognito e i cluster presenti nel database dell'applicazione. La minima distanza rappresenterà l'appartenenza ad una specifica tripletta e quindi ad uno specifico identificativo, compiendo il riconoscimento. Chiaramente in fase di creazione di cluster si è posta attenzione a che questi fossero il più distanti tra loro, per migliorare il riconoscimento su una base di 3 cm di diametro. I cluster identificativi sono 24, il che significa che possono essere riconosciuti in maniera univoca 24 pezzi. Per quanto riguarda i blocchi di Dienes, essi rappresentano la metà dei blocchi, ossia è stata eliminata una dimensione, ossia quella dello spessore.

Una difficoltà è stata associata alla limitazione della grandezza dei pin che occupano 5 mm e dunque hanno già una dimensionalità tale da ridurre lo spazio delle soluzioni possibili.

Il sistema software implementato è stato prodotto sotto forma di una App di Android sviluppata in linguaggio C# attraverso all'SDK di Xamarin. L'applicazione per mette il riconoscimento di ogni *widget* tramite i tocchi sullo schermo *touch* e manda le informazioni ad un modulo centrale costruito con una libreria Win32 (scritta nei linguaggi C#.NET e Delphi).

Il tablet si connette al sistema principale Windows (generalmente un PC) tramite una comunicazione di tipo Wi-Fi. Il modulo principale, caricato su sistema operativo Windows, gestisce i messaggi non appena il playground viene perturbato. Lo scambio di informazioni avviene grazie ad un protocollo di tipo MQTT.

Il modulo Win32 implementa un gruppo di procedure ed eventi, ossia le API, per la gestione e l'uso del tablet, che funge da periferica esterna al sistema, in maniera simmetrica ad una tavoletta. Il tablet è dunque l'interfaccia TUI, rappresentando la tavoletta Attiva. Le API inviano l'input esterno, per mostrare le risorse di multimediali (ossia le immagini e i suoni) che fungono da feedback nel sistema di BlockMagic.

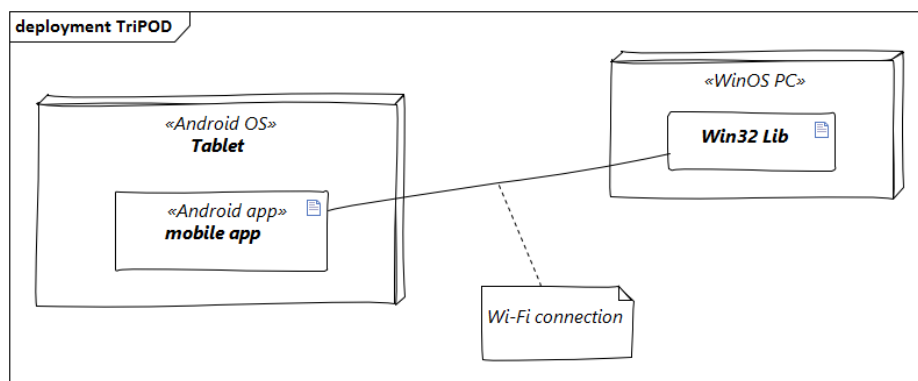


Figura 20. Architettura base del prototipo TriPOD

Non appena l'APP è caricata, questa riconosce la linea LAN grazie ad un modulo serve che comunica lo stato del playground, ovvero la configurazione di tocchi in quel momento attivi sulla superficie touchscreen. Quando un *widget* tangibile è associato tramite il processo di tagging ad un significato, ossia nel nostro caso ogni blocco fisico correlato al blocco corrispondente, il sistema comunica la presenza del *widget*

identificato. Determinato il blocco, l'APP risponde fornendo il feedback corrispondente sulla base dello *storyboard* definito sugli esercizi di BlockMagic.

In caso contrario, il sistema memorizza l'oggetto come nuova tripletta. Questo tipo di memorizzazione è possibile solo quando viene utilizzato il comando dell'API definito "Learn".

4.2. Tavoletta RFID: l'Activity Board 1.0

Per quanto riguarda l'applicazione di RFID durante il percorso triennale di ricerca del dottorato è stata sviluppata una nuova tavoletta attiva denominata Activity Board 1.0 (Di Fuccio, Siano, De Marco 2017).

Questa tavoletta è il miglioramento di precedenti prototipi sviluppati nel corso degli anni a partire dalla tavoletta di BlockMagic. Durante il corso dei tre anni, vi è stata una continua riprogettazione. Nella foto successiva si può apprezzare una versione precedente mostrata all'evento nazionale RomeCup2016 a Roma e organizzato da Fondazione Mondo Digitale.



Figura 21: Prototipo intermedio della Tavoletta provvista di antenna RFID

Il prototipo finale è derivato da un continuo rimaneggiamento sia da un punto di vista estetico e funzionale, sia da un lato tecnico.

L'Activity Board 1.0 ha le seguenti caratteristiche:

- Antenna particolarmente estesa, permettendo un'area sensibile che occupa tutto il piano;

- Piano superiore scrivibile con pennarelli cancellabili
- Collegamento via Wi-Fi e con cavo USB
- Creazione di un meccanismo a libretto per contenere i materiali di riferimento
- Razionalizzazione degli spazi interni
- Antenna e lettore nascosti all'utente
- Colorazione sgargiante per risultare attrattiva
- Dimensioni ottimali per il trasporto in valige (per motivi di disseminazione)
- Presenza di materiali a corredo come il tablet e i blocchi logici già taggati
- Presenza di un sistema per poggiare il tablet

L'Activity Board 1.0 è stata progettata come contenitore di tutti i materiali minimi per l'utilizzo immediato della piattaforma. Sono stati disegnati e poi implementati vari vani.



Figura 22: La composizione dell'Activity Board 1.0 con i suoi vari compartimenti



Figura 23: Altra immagine che mostra gli spazi interni della Activity Board 1.0

Sulla destra, coperto con un piccolo strato di legno, è stato inserito il lettore e il vano batteria con la boccia USB per la connessione via filo. Da questo spazio esce il filo di connessione con l'antenna che è nascosta sotto la zona di colore celeste nella parte superiore. E' stato scelto quel posizionamento dell'antenna in quanto quello con la

minima distanza rispetto al piano esterno per massimizzare l'effetto di riconoscimento dei tag.

Gli altri vani sono dall'alto in basso da sinistra a destra:

- Lo spazio per il cancellino e i pennarelli
- Lo spazio per eventuali fili di connessione tra tablet e tavoletta
- Lo spazio che contiene un tablet 8 pollici
- Vano cavi del tablet (alimentatore e ricarica, filo USB)
- Vano Blocchi Logici taggati



Figura 24: Progettazione Vani per Activity Board 1.0

Per l'Activity Board 1.0, è stato scelto un tablet Mediacom WinPad W801 Tablet PC, Display da 8" IPS, poiché ha il doppio sistema operativo (Android + Windows) in quanto il software STELT al momento è attivo solo su Windows. Nel tablet è preinstallato il programma con le APP educative che verranno descritte nel successivo capitolo più il gioco di Block Magic.

In particolare è stata progettata una soluzione per mantenere il tablet appoggiato sulla tavoletta ma fruibile durante il gioco. La soluzione si può apprezzare nella figura seguente, con un corpo giallo in legno che mantiene il tablet. Queste "alette" sono rimovibili in quanto possono essere inserite e rimosse tramite un meccanismo che sfrutta il velcro adesivo.

Uno dei valori della tavoletta è quello di poterci scrivere sopra. Questa caratteristica estende ancora di più il concetto della multimodalità d'uso dello strumento e permette

all'insegnante e al bambino di creare dei giochi ancora più dinamici ma potenziati dal lato fisico dello strumento.



Figura 25: Nella fotografia si può apprezzare che il tablet è mantenuto in posizione da due alette in legno di colore giallo. Le alette sono rimovibili tramite un sistema di velcro adesivo.

Da un punto di vista tecnico l'Activity Board 1.0 (Di Fuccio, Siano, De Marco 2017) permette il rilevamento e l'identificazione di Smart Object taggati con tag RFID che sono poggiati allo stesso tempo sulla tavoletta. Questo prototipo riesce a riconoscere fino ad otto oggetti tangibili contemporaneamente e in maniera robusta.

Il sistema include:

1. Un antenna ANT_HF_310 X 180 (Antenna HF 310mm x 180mm) ,
2. Un lettore RFID BlueRFID HF¹⁸,
3. Un controller (con modulo RX/TX di tipo USB/Wi-Fi) che include un Particle Photon (un modulo riprogrammabile per la protitpazione di kit Wi-Fi)¹⁹, con un STM32F205 120Mhz ARM Cortex M3 e un chip Wi-Fi Cypress BCM43362 (Single band 2.4GHz IEEE 802.11b/g/n),
4. Un modulo batteria del modello MCP73831 tipologia MAX1704X²⁰ e una batteria da 3000mAh.

¹⁸ Sold by Tertium Technology (OEM Electronic Card able to manage reading and writing of HF RFID tags) (http://www.tertiumtechnology.com/it/bluerfid_hf.php)

¹⁹ <https://www.particle.io/products/hardware/photon-wifi-dev-kit>

²⁰ <https://www.sparkfun.com/products/13626>



Figura 26: The Activity Board 1.0. Nella sua forma chiusa con i materiali esterni.

Su uno dei lati corti è stata inserita una porta USB per permettere il collegamento con il cavo e per permettere la ricarica della batteria del modulo.

Il software per la comunicazione via Wi-Fi è stata sviluppata con un firmware particle Photon (C/C++ usando Particle IDE) e un Win32 Lib (C#/.NET and Delphi Language).

La tavoletta può essere connessa sia via USB che Wi-Fi al fine di gestire il modulo di controllo operante su un tablet o su un PC con sistema Operativo Windows. Il riconoscimento degli Smart Object taggati con chip RFID è possibile grazie alla lettura dello standard NDEF con lo standard ISO15693.

Nella figura seguente, si mostra l'architettura generale del software che termina la gestione del protocollo tra la piattaforma attiva, il blocco antenna e *reader* con i tag; e infine il dispositivo di controllo. Nel caso dell'Activity Board 1.0 il controller è il tablet, ma la tavoletta può funzionare senza problemi anche con la connessione con un PC.

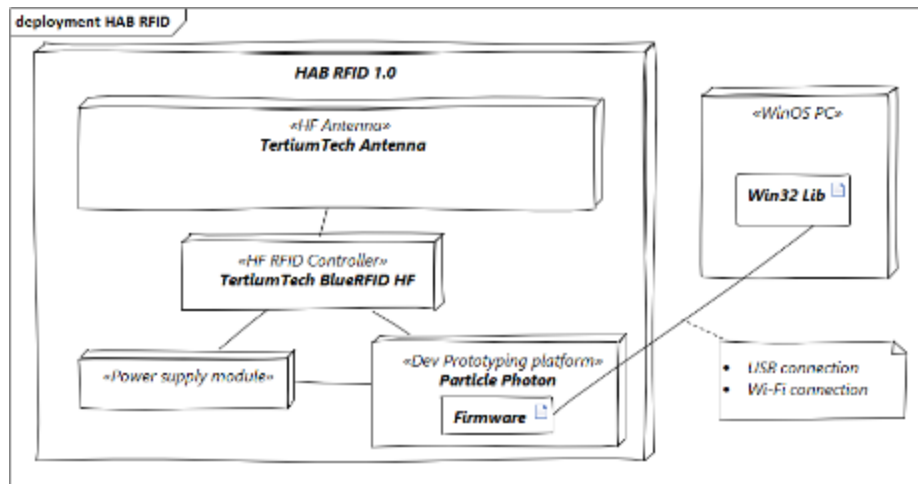


Figura 27. Architettura del software dell'Activity Board 1.0

Nella modalità USB, il sistema interagisce con il modulo software principale, usando un comando di trasmissione su una porta seriale aperta.

Nella modalità Wi-Fi, la comunicazione è gestita dal modulo principale locato sul PC/tablet. Il modulo interagisce con il dispositivo al fine di mandare informazioni circa la perturbazione del playground, ovvero i tag RFID individuati dal *reader*. La comunicazione opera un interscambio di messaggi con un protocollo MQTT.

Il modulo Win32 implementa una serie di procedure ed eventi (API) al fine di gestire l'uso della tavoletta attiva. Molte di queste API sono dei *setting* per la scrittura e lettura dei tag RFID.

Come per il caso del TriPOD, quando il sistema incontra un tag sconosciuto, ne dà la possibilità di associarlo ad un significato tramite il comando “learn”.

Il sistema ha il suo punto di forza nella connessione di tipo Wi-Fi 2.4GHz IEEE 802.11b/g/n che permette l'uso di un protocollo standard usato in ogni contesto.

Il prototipo aderisce perfettamente allo schema delle TUI producendo l'interazione tra materiali fisici e schermi digitali ed è stato concepito con lo scopo di essere fruibile in ambito dell'educazione e della riabilitazione. Il vantaggio di implementare un prototipo che unisce la tecnologia RFID di tipo *low-cost*, con un approccio multi-tag e il Wi-Fi diventa decisivo negli ambiti della didattica e della riabilitazione.

Infatti questi elementi aumentano la possibilità di nuove applicazioni e nuovi giochi didattici in questi settori sia contesti formali che informali, sia in mobilità, sia in versione

fissa. Inoltre il vantaggio di avere un modulo Wi-Fi permette di avere una connessione piuttosto agevole con server per la gestione raffinata delle statistiche nei termini delle *learning analytics*.

Ovviamente essendo un prototipo non mancano i punti deboli. In particolare che non è raro avere delle piccole zone, soprattutto negli angoli, di mancanza di segnale in cui il pezzo non viene rilevato ed è necessario muoverlo leggermente. Le antenne e i lettori RFID sono piuttosto stabili e consentono una risposta robusta.

Per migliorare il sistema in uno sviluppo futuro è necessario abbassare i costi globali del sistema che ora è assemblato con una natura artigianale e sono stati prodotti solo pochi pezzi. Utilizzando i fattori di scala è possibile ridurre drasticamente i costi, che comunque non sono particolarmente alti, il costo più rilevante è quello del tablet, che si può trovare ampiamente sotto i 100€. Come già accennato l'ottica dovrebbe essere quella dell'utilizzo con il sistema del *Bring Your Own Device* (BYOD). (French, A. M., Guo, C., & Shim, J. P., 2014)

Un altro aspetto da considerare è implementare degli studi di usabilità e di *Human Computer Interaction* per determinare i punti critici e risolverli nella seconda implementazione.

Per questa soluzione ad esempio, per via della costruzione in legno, che richiama le pratiche psico-pedagogiche classiche, si perde qualcosa nella portabilità. Infatti l'Activity Board 1.0 non è particolarmente leggera, aspetto importante per il settore scuola e inoltre i lati potrebbero essere più smussati per evitare possibili infortuni ai piccoli utenti che ci si interfacciano.

4.3.Libri Game

Per poter comparare i sistemi digitali con quelli classici è stato necessario fare una ricerca su “dispositivi” simmetrici rispetto all'interazione dei giochi sviluppati con il sistema ibrido. Chiaramente l'interattività del sistema che è prodotta da un APP per tablet è difficilmente riproducibile su carta: la possibilità di dare un feedback appropriato e differenziato sulla base delle risposte è molto difficile, anche perché il libro ha una sequenzialità naturale dovuta al progredire delle pagine.

Prendiamo ad esempio un sussidiario, in cui ci sono le varie attività didattiche per il discente con la parte di introduzione al nuovo concetto. Il libro è concepito in maniera sequenziale, in quanto c'è una propedeuticità degli argomenti con i successivi. Il discente deve risolvere i compiti che via via vengono proposti e rispondere alle richieste del libro. Non esiste una dinamica. Se l'esercizio è fatto in maniera opportuna o erronea, lo può dire solo un tutor esterno: non esiste un'autocorrezione.

Al fine di risolvere quest'*impasse* nella mancanza di simmetria tra gli strumenti si è recuperata una metodologia che è quella dei LibriGame. I Librigame sono dei libri che permettono grazie ad uno *storytelling* interno di usare il libro in maniera interattiva, infatti il lettore legge una pagina e si trova a fare delle scelte. Queste scelte lo portano a sfogliare determinate pagine rispetto ad altre, facendolo muovere per dei percorsi interni dinamici ed interattivi. In alcuni librigame, le scelte sono modulate dal lancio dei dati, che viene simulato tramite l'apertura di una pagina casuale.

Questo meccanismo permette la creazione di esercizi interattivi su carta che possano mimare al meglio gli esercizi su strumenti digitali per permetterne una comparazione.

5. Prototipazione di APP educative

Durante il percorso triennale sono state costruite varie APP educative. Come già chiarito, il punto di partenza era rappresentato da BlockMagic (il cui schema di esercizi è presente nell'**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

A partire da BlockMagic si sono sviluppate altre APP per il settore scuola, portando elementi innovativi rispetto al suo predecessore. BlockMagic esaltava l'aspetto manipolativo dell'interazione utilizzando i blocchi logici, ideali per attività didattica nel campo della logica e della matematica. Le APP successive invece si sono incentrate sugli altri sensi andando ad indagare la possibilità di svolgere delle attività multisensoriali più complesse coinvolgendo l'olfatto, l'udito e il gusto. Questa attività ha poi portato un fiorire di nuovi esercizi a partire da queste APP tra cui possiamo ricordare il gioco della Briscola svolto con STELT (in cui il computer funge da segnapunti e da gestore del gioco, riconoscendo ogni carta giocata, ma manipolata realmente), LogicArt (un gioco di logica fruito con le carte che presentavano delle emoticons), (Ferrara, Ponticorvo, Di Ferdinando, & Miglino, 2016), Skeleton Magic (in cui le parti ossee di un scheletro in miniatura rappresentavano gli oggetti di interazione con l'applicazione didattica) (Di Fuccio, Ponticorvo, Ferrara, & Miglino, 2016). Nel paragrafo successivo vedremo brevemente il funzionamento di sistema autore e poi le applicazioni che sfruttano in maniera più estesa la multisensorialità sviluppate durante il percorso di ricerca.

5.1. Costruzione di esercizi: il sistema autore

Il software STELT permette la creazione di esercizi, microgame e scenari didattici che possono permettere la fruizione con materiali tangibili e fisici.

Il software permette di gestire l'interazione tra un tutor artificiale e l'utente/giocatore/discendente, in un meccanismo a turni, tra due agenti che interagiscono su un playground. (Dell'Aquila, Marocco, Ponticorvo, di Ferdinando, Schembri, & Miglino 2017),

Lo scenario viene concepito a turni, con il Tutor che propone un quesito che può essere rafforzato da immagini, voci e video e l'utente umano che risponde attraverso la scelta di un oggetto da porre sulla tavoletta attiva o semplicemente premendo un bottone tramite

mouse o con tecnologia touchscreen. La flessibilità dello strumento dà la possibilità di saltare dei turni per creare una maggiore dinamicità al sistema.

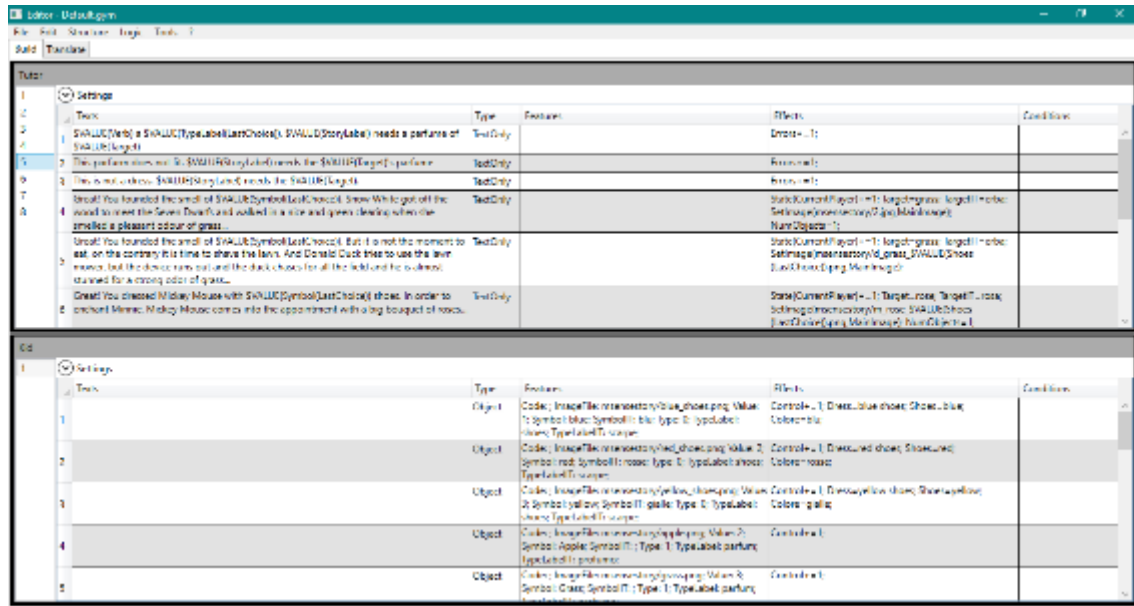


Figura 28: Questa rappresenta la schermata del Sistema autore. Nella parte superiore abbiamo la porzione del Tutor Artificiale (il T1) ossia della gestione della meccanica del gioco, mentre nella parte inferiore abbiamo le opzioni del Kid, ossia del bambino che può utilizzare. In particolare nella parte Kid, la tipologia delle voci è segnata come Object, ossia significa che è un oggetto fisico che viene riconosciuto dal sistema

Per ogni input del Tutor e ogni risposta dell'utente ci sono degli effetti e delle condizioni, che permettono l'organizzazione del monitoraggio delle informazioni cruciali per l'autore e per il tracciamento del processo di apprendimento per quel dato esercizio. Il sistema inoltre memorizza degli altri dati, come il tempo di risposta o le varie interazione a più alto livello. Tutti dati che vengono poi fruiti nelle statistiche.

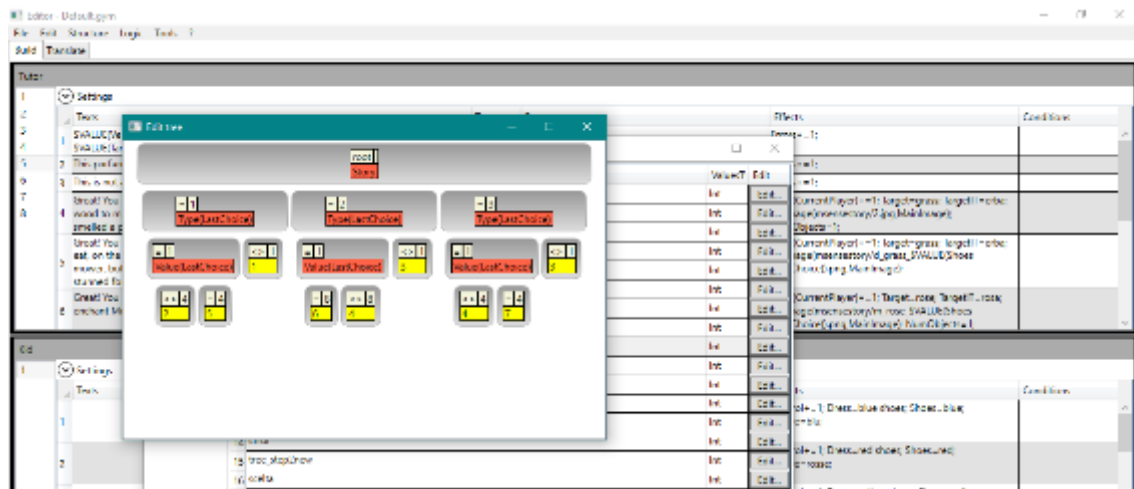


Figura 29: Un albero che gestisce la logica per un dato step del gioco

La meccanica e il plot dell'esercizio è gestito dagli "Alberi" ossia da strutture decisionali che permettono al sistema di produrre dei feedback appropriati sulla base dei singoli input.

Una caratteristica del sistema autore è che permette la creazione di applicazioni multilingua con estrema facilità.

Il sistema di STELT si coniuga strettamente con l'interfaccia. Questa viene prodotta come un file con linguaggio XAML (eXtensible Application Markup Language) che determina il layout grafico dello scenario e in cui si possono anche creare dei bottoni virtuali per permettere la multimodalità, ossia il discente può rispondere agli esercizi ad esempio con i blocchi logici, ma per andare avanti deve sfruttare le tecnologie touchscreen.



Figura 30: Interfaccia del gioco English Word. Nella parte superiore ha la scritta dell'istruzione (ripetuta anche dal sintetizzatore vocale), nella parte centrale è prevista una foto e nella parte inferiore è progettata una zona a scomparsa denominata Digital Interface per l'utilizzo del gioco senza materiali fisici.

5.2.Sniff

Anno Curriculare	Tutti
Dominio	La conoscenza del mondo (oggetti, fenomeni, viventi, numero e spazio). Scienze – Sottodomini: esplorare e descrivere oggetti e materiali; osservare e sperimentare sul campo; l'uomo i viventi e l'ambiente.
Processi Cognitivi	Intelligenza corporeo-cinestetica, Intelligenza Naturalistica
Tipo di gioco	Trovare l'odore giusto sulla base dell'immagine e della parola proposta
Difficoltà	1
<i>Forme parallele</i>	<i>30 – Costituire dai 30 odori a disposizione</i>
Tipo di interazione	Smart Objects – Contenitori con gli odori
Descrizione dettagliata del Micro-Game	
<p>Il discente è chiamato a discernere tra 30 vasetti contenenti degli odori differenti. Gli odori sono: eucalipto, melone, vaniglia, fungo, mughetto, violetta, lavanda, noce di cocco, pompelmo, mela, nocciola, erba, banana, rosa, menta, ananas, biscotto, mare, fragola, arancia, caprifoglio, pino, albicocca, ribes nero, miele, limone, fuoco di legna, fiore d'arancio, finocchio, sapone.</p> <p>Quando il giocatore avvia lo scenario, si presenta un'immagine e una frase del tipo: "Individua l'odore di miele". L'utente deve cercare l'odore e mettere sulla tavoletta quello che ritiene essere quello esatto. Al termine dell'esercizio, il sistema chiederà altri odori da verificare sulla base di quelli che non sono stati selezionati precedentemente, Dopo ogni interazione il sistema restituisce una risposta positiva o negativa. Nel caso di risposta positiva, presenta anche un piccolo accenno storico o una curiosità sull'odore considerato.</p>	
Introduzione didattica/ notazione didattica in itinere	Sì = Durante il gioco, se viene data la risposta corretta il sistema dà una risposta circa l'odore selezionato.
Note	






Figura 31: Alcune immagini di utenti alle prese con il gioco Sniff

5.2.1. Varie versioni


Sono state sviluppate nel tempo più versioni del gioco. In particolare sono state divisi i 30 odori secondo una divisione casuale in 6 gruppi da 5 odori. Ogni gruppo è rappresentato da una differente fascetta, con colori differenti. Il sistema propone all'utente una ricerca di un odore restringendo il campo, tra alcuni gruppo (ad esempio solo gli odori con la fascetta rossa e gialla – dunque solo all'interno di 10 odori). Se le attività sono compiute in maniera positiva il livello di difficoltà aumenterà in considerazione dei risultati grazie ad un tutor d'intelligenza artificiale che gestisce il processo.

5.3. Trova la nota

Anno Curricolare	Tutti
Dominio	Immagini, suoni, colori Musica
Processi Cognitivi	Intelligenza musicale
Tipo di gioco	Trova la nota corretta sulla base di un pentagramma
Difficoltà	Unica
<i>Forme parallele</i>	<i>Le 7 Note</i>
Tipo di interazione	Smart Objects – Campanelle fisiche taggate con RFID
Descrizione dettagliata del Micro-Game	
<p>Al discente viene chiesto di trovare la nota corretta sulla base della presenza di un'immagine di un pentagramma con una nota disegnata e di una voce a supporto che richiede la stessa nota con un messaggio del tipo "Trova la nota Fa". Le note sono prodotte da 7 campanelle, ognuna che emette una nota differente. L'utente grazie alla comparazione, tra suoni più bassi o più acuti raggiungere la soluzione finale, capendo la natura del pentagramma. Ogni campanella è taggata quindi è sufficiente porla sulla tavoletta attiva per avere un riscontro. Il sistema dà il feedback rispetto al risultato.</p>	
	
Introduzione didattica/ notazione didattica in itinere	No
Note	

5.4.STTory

Anno Curricolare	Tutti
Dominio	La conoscenza del mondo (oggetti, fenomeni, viventi, numero e spazio) Il Sé e l'altro Immagini, suoni, colori Geografia Scienze Musica
Processi Cognitivi	Intelligenza musicale Intelligenza corporeo-cinestetica Intelligenza naturalistica
Tipo di gioco Difficoltà <i>Forme parallele</i>	Trovare gli elementi multisensoriali idonei per le varie città nella storia Unica <i>Nessuna, storia sequenziale</i>
Tipo di interazione	Smart Objects – Contenitori degli odori, contenitori dei sapori (caramelle), carillon, tessuti, Animali giocattolo
Descrizione dettagliata del Micro-Game	
<p>Lo scenario rappresenta una storia di un personaggio di nome Ciccio e suo nonno che viaggiano per l'Europa alla ricerca di alcuni elementi. Per sbloccare questi elementi il giocatore, deve indovinare gli oggetti fisici corrispondenti alle città. Ad esempio, nella città di Berlino il gioco richiede un animale, da determinare tra i materiali a disposizione. In questo caso è l'Orso in quanto è il simbolo di Berlino. In molti scenari si richiedono più oggetti per città. Le richieste possono vertere su odori, gusti, oggetti fisici, musiche (emesse da dei carillon a manovella) o tessuti. Quando il giocatore ha esplorato tutte le città e appreso gli oggetti multisensoriali corrispondenti raggiunge la fine della storia.</p>	

	
Introduzione didattica/ notazione in itinere	Si Ogni volta che l'utente indovina, il sistema spiega le correlazioni tra materiali e città, insegnando curiosità sulle singole località
Note	

5.5. Storytelling multisensoriale

Anno Curriculare	Bambini della scuola d'infanzia e della primaria
Dominio	La conoscenza del mondo (oggetti, fenomeni, viventi, numero e spazio) Immagini, suoni, colori Scienze
Processi Cognitivi	Intelligenza corporeo-cinestetica Intelligenza naturalistica
Tipo di gioco Difficoltà <i>Forme parallele</i>	Trovare gli elementi multisensoriali idonei per permettere alla storia di procedere Unica <i>Nessuna, storia sequenziale</i>
Tipo di interazione	Smart Objects – Contenitori degli odori, contenitori dei sapori (caramelle), tessuti, bambole in plastica
Descrizione dettagliata del Micro-Game	
<p>In questa attività il bambino ha il compito di vivere una storia attraverso i profumi i sapori. Inoltre ha anche il ruolo di intervenire sulla storia per modificare alcuni aspetti.</p> <p>Il bambino si trova davanti tre bambole (Topolino, Paperino e Biancaneve) alla scelta della bambola preferita, inizia la storia di uno dei tre personaggi. In ogni quadro, il bambino dovrà trovare l'elemento multisensoriale corretto. Ad esempio nell'immagine successiva, il bambino è chiamato a scegliere le scarpe per Topolino che dovrà mettere fisicamente sulla bambola e posizionarla sulla tavoletta. Il colore scelto sarà quello di riferimento per tutte la storia. Un altro passaggio può essere dato da "<i>Biancaneve passeggia in mezzo al prato e sente un buonissimo odore di erba... trova l'odore di erba per procedere nella storia</i>". Solo quando il bambino trova il contenitore con l'odore di erba (ha a disposizione 5 odori differenti), allora la storia procederà. Ogni volta che sbaglia, l'intelligenza artificiale propone una risposta di stimolo, mentre quando risponde correttamente si avrà una risposta di congratulazione. In questo modo il bambino si immerge nella storia che vive attraverso i propri sensi.</p> <p>Le tre storie sviluppate sono del tutto simmetriche e hanno la scelta di un capo di vestiario, l'individuazione di tre odori e un sapore (tra due possibilità molto simili: ciliegia e fragola).</p>	



Esatto, era proprio l'odore di Sapone. Topolino, finito il bagno si deve preparare e non sa quali scarpe scegliere perché non scegli le scarpe per Topolino? Scegli le scarpe, mettile su Topolino e poi appoggialo sulla ta

Digital interface

Introduzione didattica/ notazione didattica in itinere	No
Note	





Figura 32: Alcune immagini dell'utilizzo della Storia Multisensoriale da parte dei bambini dell'Istituto Omnicomprensivo di Viggianello. È da notare come i processi di cooperazione tendono ad emergere naturalmente quando si utilizzano i giochi multisensoriali

5.6.English Words

Anno Curricolare	Bambini della scuola della primaria
Dominio	La conoscenza del mondo (oggetti, fenomeni, viventi, numero e spazio) Lingua inglese e seconda lingua comunitaria Scienze
Processi Cognitivi	Intelligenza corporeo-cinestetica Intelligenza naturalistica Intelligenza linguistica
Tipo di gioco	L'alunno apprende i nomi delle parole in inglese ponendo materiali multisensoriali
Difficoltà	Unica
<i>Forme parallele</i>	<i>Nessuna, storia sequenziale</i>
Tipo di interazione	Smart Objects – Contenitori degli odori, tessuti, animali in plastica

Descrizione dettagliata del Micro-Game

In questa attività il bambino è chiamato a scegliere spontaneamente degli odori, dei tessuti e degli animali di plastica. Ogni scelta produce la scoperta del nome collegato in inglese con la risposta orale del sistema che riferisce l'elemento scelto.

Il bambino deve scegliere tra tre animali, tre capi di vestiario, due coppie di tre odori (differenziati sulla base di una fascetta colorata).



Introduzione didattica/ notazione didattica in itinere	<i>Sì</i> Ogni risposta è collegata all'insegnamento della corrispondente parola inglese.
Note	

6. Studio sperimentale

Lo studio sperimentale è stato svolto presso due istituti l'Istituto Omnicomprensivo di Viggianello in provincia di Potenza e l'Istituto Piaget-Majorana di Roma.

Gli utenti coinvolti sono stati 121 alunni, di cui 70 Maschi e 51 Femmine, delle prime tre classi della primaria.

In particolare per la sperimentazione in Lucania sono stati coinvolti 62 alunni, 34 Maschi e 28 Femmine, delle prime tre classi della primaria. In particolare sono stati coinvolti:

- 22 Bambini della Prima Classe, di cui 12 Maschi e 10 Femmine;
- 19 Bambini della Seconda Classe, di cui 11 Maschi e 8 Femmine;
- 21 Bambini della Terza Classe, di cui 11 Maschi e 10 Femmine

Per la sperimentazione svolta a Roma sono stati coinvolti 59 alunni, di cui 36 Maschi e 23 Femmine, della seconda classe della primaria.

6.1. Materiali usati per la sperimentazione

Per la sperimentazione sono stati utilizzati degli esercizi sviluppati nei tre anni del percorso di ricerca e finalizzati alla sperimentazione. Gli esercizi sono stati costruiti per permettere una comparazione tra esercizi di stampo multisensoriale utilizzati con gli strumenti descritti in questo documento, gli esercizi sviluppati su tablet tramite la tecnologia *touch* e con i libri cartacei. La costruzione degli esercizi, descritta nei prossimi paragrafi, ha quindi previsto un completo parallelismo nella gestione delle informazioni. Le differenze riguardano essenzialmente, la natura differente delle modalità di interazione.

Per questa ragione sono stati prodotti tre esercizi della tipologia English Word (paragrafo 5.6) nella forma multisensoriale con l'Activity Board 1.0, nell'applicazione del tablet e nella forma cartacea.

Sono stati preparati altri tre esercizi della tipologia Storytelling Mutlisensoriale (paragrafo 5.5) sempre nelle tre differenti forme (cartaceo, TUI-Materiali tangibili, digitale-Tablet).

In particolare per gli esercizi di stampo multisensoriale è stata utilizzata l'Activity Board 1.0 con tablet Mediacom WinPad W801 Tablet PC con display da 8" collegato via USB con la tavoletta.

Per l'esercizio di tipo tablet è stato utilizzato un altro dispositivo Mediacom WinPad W801 Tablet PC dove girava il programma.

Il programma con cui sono stati avviati gli esercizi su tablet è SteltViewer.

6.1.1. Cartaceo

Come descritto precedentemente sono stati creati due tipologie di esercizi:

1. Un esercizio della tipologia English Word (il cui contenuto è riportato internamente nell'**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**). L'esercizio prevede la presentazione su carta di tre immagini; l'istruzione chiede di scegliere quella che più si preferisce per imparare il rispettivo nome in inglese. Ad ogni immagine corrisponde una pagina, in cui si trova il feedback rispetto alla scelta, e dunque il nome corrispondente. La pagina permette di procedere in maniera sequenziale al seguente microgame e quindi alla nuova domanda. L'esercizio propone, prima una scelta tra tre animali, poi una scelta tra tre capi di vestiario, successivamente vengono presentati tre frutti e infine vi è la scelta circa una pianta.
2. Un esercizio di *Storytelling* (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**). In questo caso è riportata una storia di Biancaneve, con 6 Quadri differenti. Il bambino legge la storia e in ogni pagina ha tre scelte, che corrispondono a tre immagini. Una delle tre immagini si riferisce alla conclusione del quadro in cui si richiama un elemento multisensoriale come ad esempio: *“Ottimo! Quello era l'erba. Torniamo all'avventura... Arrivata a casa dei sette nani, li trovò davanti al camino e si mise a raccontare delle storie, mentre il legno scoppiettava alimentando il fuoco..... trova l'immagine giusta e vai alla pagina corrispondente “*. In questo caso vengono presentate tre immagini tra cui quella del fuoco. Se il bambino va alla pagina del fuoco potrà procedere nella storia altrimenti sarà rimandato nella pagina dell'istruzione per fare un nuovo tentativo.

Nel caso dei bambini della Prima Classe della Primaria, spesso gli alunni non erano in grado di leggere in completa autonomia; in questi casi è stato il ricercatore a supportare

l'attività leggendo, sebbene il materiale era comunque gestito dal bambino. In particolare questo tipo di supporto era sviluppato solo quando richiesto dai bambini stessi.

6.1.2. Touchscreen

Il gioco sviluppato con la tecnologia touchscreen è del tutto parallelo a quello sviluppato nella forma di LibroGame e le dinamiche di gioco sono esattamente le stesse, in particolare:

1. È stata sviluppata un'applicazione sul modello dell'esercizio English Word. In questo caso al bambino apparivano tre immagini con una voce narrante che chiede di scegliere l'immagine preferita per ascoltare il nome in inglese corrispondente. La scelta era fatta cliccando con il dito sull'immagine. Al termine del microgame, per procedere è necessario cliccare su un tasto "Avanti" per svolgere il quadro successivo. In simmetria con gli esercizi delle altre tipologie, le richieste sono: prima tra tre animali, a seguire tra tre capi di vestiario, successivamente tra tre frutti e infine tra tre piante.
2. E' stata sviluppata un'applicazione touchscreen sul modello dell'esercizio Storytelling Multisensoriale. La storia completa con i sei quadri di riferimento è contenuta nell'Appendice 1: le tre storie di Paperino, Topolino e Biancaneve. In particolare per la versione Touchscreen è stata sviluppata la storia di Paperino. Ad esempio veniva richiesto *"Giusto! Era la mela. Ma ancora non è ancora arrivato il momento di mangiare, mentre è l'ora di rasare il prato. E Paperino si mette al tosaerba, ma l'aggeggio gli scappa di mano e il povero papero lo rincorre per tutto il prato mentre in mezzo al verde ed è quasi stordito dall'odore di erba tagliata..."*. Per procedere nella storia il bambino deve determinare l'immagine corrispondente all'ultimo punto della storia. In questo caso le opzioni erano sei in maniera simmetrica alle opportunità possibili nella storia multisensoriale (vedi prossimo paragrafo). Se la risposta è corretta, si può procedere al quadro successivo dopo una risposta di congratulazioni, mentre se è sbagliata il sistema chiede di ritentare nell'esercizio.
Per passare da una schermata all'altra, l'utente utilizza il tasto "Avanti" che viene abilitato solo quando è trovata la soluzione corretta.

6.1.3. Multisensoriale

Anche nel caso delle applicazioni con le Tangible User Interfaces sono stati sviluppati due esercizi:

1. Un esercizio sul modello di English Word. In questo caso l'esercizio prevede l'uso dei materiali in congiunzione con la tavoletta. All'alunno si presenta la tavoletta con i materiali già organizzati per tipologia. Dunque, si troverà tre animali raggruppati, tre capi di vestiario fisici, tre odori di frutta e tre odori di piante. Quando il sistema chiede di scegliere il materiale preferito per imparare il corrispettivo nome in inglese, il bambino è chiamato a prendere fisicamente l'oggetto ed appoggiarlo sulla tavoletta. Non appena è terminato l'esercizio, il sistema dopo un tempo di latenza di 3 secondi passa al successivo quadro. In parallelo con gli altri giochi vengono proposti quattro situazioni: scelta tra animali, scelta tra capi di vestiario, scelta tra frutta e scelta tra piante.
2. Un esercizio di *storytelling* multisensoriale (riportato interamente nell'Appendice 1: le tre storie di Paperino, Topolino e Biancaneve). In questo esercizio il bambino è chiamato a vivere una storia grazie alle TUIs, immergendosi al suo interno. In ogni punto della storia, l'alunno deve individuare il materiale multisensoriale richiesto per far procedere l'avventura. Ad esempio, se il sistema richiede con un messaggio scritto e orale: "*Ora che hai scelto le scarpe color \$VALUE(scarpe)*²¹, Topolino può andare da Topolina. Tutto felice Topolino si presenta da lei con un grande mazzo di rose...Trova l'odore di rosa". In questo caso il bambino ha di fronte 6 odori differenti tra cui determinare quello di rosa. Se il discente trova l'odore corrispondente allora la storia procede, altrimenti il sistema intelligente propone una frase di supporto e permette all'utente di ritentare una seconda volta. Non appena finito un quadro, il sistema ha un tempo di latenza di 3 secondi. L'alunno ha a disposizione un pupazzo (Topolino, Biancaneve o Paperino, a seconda della storia) con tre scarpe da fargli indossare con differenti colori (rosso, blu e giallo) o tra gonne sempre nelle tre tonalità; sei barattolini con differenti odori (rosa, sapone, menta, mare, fuoco e mela) e due contenitori con delle

²¹ Questo è un codice che serve al software STELT per prendere la scelta già effettuata delle scarpe. Infatti a seconda della scelta sulle scarpe il sistema applicherà questa scelta in tutto lo scenario.

caramelle Ziguli a due gusti (ciliegia e fragola; le caramelle sono state scelte in maniera da non dare una facilitazione tramite il colore)

6.2. Setting sperimentale

La sperimentazione è stata fatta in un'aula scolastica separata dall'aula dove comunemente vengono fatte le lezioni ed attrezzata per la sperimentazione. Nella sala alla presenza dell'insegnante con un ricercatore nella funzione di organizzatore dell'intervento e supervisione tecnica e un altro nella funzione di osservatore per raccogliere le osservazioni qualitative.

Sono stati compiuti due studi:

1. Accettabilità degli strumenti e preferenza incrociata
2. Apprendimento e memorizzazione degli elementi delle storie

Per l'accettabilità dello strumento hanno partecipato tutti i 121 bambini coinvolti nella sperimentazione.

Tutti i 62 alunni dell'istituto di Viggianello hanno utilizzato i tre strumenti (cartaceo, digitale, multisensoriale) con il gioco English Word di stampo didattico. I bambini venivano chiamati in piccoli gruppi e i ricercatori somministravano la prova facendo in modo che i bambini fossero il più indipendenti possibile. Ogni bambino utilizzava a turno tutti e tre gli strumenti in maniera individuale. L'ordine d'esposizione rispetto alle differenti tecnologie era casuale.

Al termine delle tre prove era chiesta la domanda: *“Con quale strumento preferisci e quale vorresti riutilizzare per imparare le parole in inglese?”*. La domanda era posta con le tre tipologie di esercizio a disposizione (il libro, il tablet, e la tavoletta attiva con i materiali TUIs) in maniera tale che il bambino potesse indicare l'esercizio preferito. La domanda veniva posta ad ogni bambino separatamente.

I 59 bambini delle seconde classi della primaria hanno eseguito tre storie con i tre strumenti a disposizione (cartaceo, digitale e TUIs). A seguito dell'esecuzione delle tre storie con le tre differenti modalità ai bambini veniva chiesto quale tipologia era quella preferita, ponendo la domanda: *“Con quale strumento preferisci e quale vorresti riutilizzare per imparare una storia?”*.

Per l'esercizio sull'apprendimento della storia e della memorizzazione si è utilizzato l'esercizio delle storie nelle tre versioni. Questa sperimentazione è proposta ai:

- 22 alunni della Terza Classe dell'Istituto Omnicomprensivo di Viggianello;
- 59 alunni della Seconda Classe dell'Istituto Piaget-Majorana di Roma.

Dunque per l'apprendimento e la memorizzazione delle storie, i partecipanti dello studio sono stati 81.

Ai bambini veniva assegnato in maniera random una triade di storie con tre differenti modalità. Ogni bambino interagiva, dunque, con tre storie differenti, ogni storia aveva una modalità di esecuzione diversa.

La tabella successiva mostra il risultato finale dell'incrocio dei casi.

Tipologia di storia			
Modalità di esecuzione	Biancaneve	Topolino	Paperino
TUI	25	29	27
DIGITAL	28	26	27
CARTACEO	28	26	27
Totale	81	81	81

Tabella 2: Distribuzione delle tre storie, per modalità di selezione per gli 81 alunni che hanno partecipato alla sperimentazione.

Ai bambini era chiesto di utilizzare le tre storie, la cui esposizione era casuale nell'ordine (secondo una griglia preimpostata). I bambini utilizzavano i dispositivi in piccoli gruppi composti da 3 utenti. Dopo che ogni alunno aveva utilizzato sia la storia cartacea, sia la storia multisensoriale, che quella touchscreen, venivano richiamati singolarmente per rispondere ad alcune domande circa le storie appena viste. I bambini rispondevano alle domande in un intervallo di tempo che andava da un'ora ad un'ora e mezza dall'esercitazione con la storia.

Tutti i risultati della sperimentazione sono stati memorizzati all'interno del software.



Figura 33: Un gruppo al lavoro con la storia in formato cartaceo mentre un altro gruppo utilizza la storia multisensoriale.



Figura 34: Un gruppo al lavoro con la storia in formato touchscreen



Figura 35: Un gruppo di tre alunni del Terzo Anno della Primaria al lavoro con la storia di Biancaneve con il supporto cartaceo.



Figura 36: Un gruppo che utilizza il gioco multi sensoriale con l'Activity Board 1.0

Le domande (vedi Tabella 3) sono state concepite per determinare il grado di memorizzazione, comprensione ed attenzione della storia sulla base di ogni tipologia di utilizzo. Le domande, come le storie (vedi Appendice 1: le tre storie di Paperino, Topolino e Biancaneve) sono state sviluppate con la finalità di essere totalmente simmetriche. In particolare per ogni storia il quadro di costruzione delle domande era il seguente:

- Almeno 2 domande riguardanti direttamente le risposte richieste all'utente durante l'interazione
 - i. per la storia di Topolino:
 - 1. Risposta 2: Gelato alla fragola;
 - 2. Risposta 3: Rose;
 - 3. Risposta 4: Al mare.
 - ii. Per la storia di Biancaneve:
 - 1. Risposta 3: Amarene;
 - 2. Risposta 4: Prato.
 - iii. Per la storia di Paperino:
 - 1. Risposta 1: Il profumo delle mele;
 - 2. Risposta 2: Il profumo di erba.
- Almeno una domanda di contesto:
 - i. Per la storia di Topolino:
 - 1. Risposta 1: Il bagno
 - ii. Per la storia di Biancaneve:
 - 1. Risposta 1: Racconta una storia
 - 2. Risposta 2: Prima di andare a dormire
 - iii. Per la storia di Paperino:
 - 1. Risposta 3: Perché si siede accidentalmente sul fuoco
 - 2. Risposta 4: Qui, Quo e Qua

	Storia di Topolino	Storia di Biancaneve	Storia di Paperino
Domanda 1	Cosa fa Topolino prima di incontrare Topolina?	Cosa racconta Biancaneve ai Sette Nani arrivata a casa?	Perché a Paperino viene l'acquolina in bocca?
Risposta 1	<i>Il bagno / si prepara / si lava / si sceglie le scarpe</i>	<i>Una storia / Una favola</i>	<i>Perché sente l'odore di mele / Perché sta raccogliendo le mele / Perché vede le mele</i>
Domanda 2	Cosa mangiano Topolino e Topolina per chiudere la giornata	Quando è che Biancaneve cucina una bibita calda?	Cosa stordisce Paperino?
Risposta 3	<i>Un gelato alla fragola</i>	<i>Prima di andare a dormire / La sera / Dopo aver raccontato una storia</i>	<i>Il profumo di erba</i>
Domanda 3	Cosa regala Topolino a Topolina?	Che gusto aveva la bibita calda?	Come fa Paperino a bruciarsi?
Risposta 3	<i>Le rose</i>	<i>All'Amarena</i>	<i>Si siede accidentalmente sul fuoco</i>
Domanda 4	Dove vanno a passare un po' di tempo Topolino e Topolina?	Dove si trova Biancaneve quando sente un odore di erba?	Chi salva Paperino?
Risposta 4	<i>Al mare / In spiaggia</i>	<i>In una radura / In un prato giardino / In un parco</i>	<i>Qui Quo e Qua / I tre paperotti / I tre nipotini</i>

Tabella 3: Sono riportate le quattro domande fatte agli alunni che avevano utilizzato le storie nelle tre modalità

Nell'esercizio vengono considerate risposte corrette, quelle in cui si risponde precisamente alla domanda dimostrando di ricordare esattamente l'avvenimento o la situazione. In questo è determinante la richiesta e l'interazione del ricercatore che deve discriminare se la risposta è data semplicemente "a senso" o grazie ad una memorizzazione.

L'esempio tipico è quello della domanda "Cosa regala Topolino a Topolina?". In questo caso la risposta "I fiori" tipicamente non è sufficiente, ma data in alcune situazioni solo a livello di contesto. Il ricercatore in questa fase ha richiesto informazioni supplementari, come nel caso specifico la tipologia di fiori, in quanto nella storia non sono mai citati "i fiori" ma le "rose", che in aggiunta sono elemento di input da parte dell'utente.

Le risposte sono considerate corrette quando rientrano in quelle della tabella a pagina precedente. Le risposte errate sono quelle in cui si è data una risposta non idonea o l'alunno ha detto di "Non ricordare".

7. Risultati

7.1. Valutazioni qualitative

7.1.1. Cartaceo

Punti critici: Per i bambini della Prima Classe della primaria in molti casi era necessario il supporto del ricercatore che si sostituiva a lettore delle istruzioni. Negli altri casi la lettura era autonoma. La problematica evidenziata dalle osservazioni era collegata all'impegno per la lettura, che non essendo ancora automatica, era il punto di attenzione per gli alunni nell'esecuzione del compito. La riuscita nella lettura ne determinava un forte orientamento di concentrazione.

Modalità d'uso: Il meccanismo del librogame veniva facilmente recepito da tutti i bambini, non ci sono stati casi di difficoltà nella gestione con lo scenario cartaceo. Gli alunni sembravano a loro agio con lo strumento cartaceo, mostrando una generale dimestichezza. Un dato molto interessante è quello di osservare come i bambini sceglievano l'immagine preferita o idonea per l'esercizio: nella quasi totalità dei casi i bambini tendevano a puntare con il dito sull'immagine (come se fosse uno schermo *touch*). Questo tipo di evento si replicava anche nel caso in cui i bambini utilizzavano il librogame come prima modalità d'interazione.

Cooperazione: La dinamica di gruppo tendeva a non essere particolarmente rilevante, in quanto un bambino prendeva il compito di tenere in mano il libro e leggere mentre gli altri assistevano. In qualche caso la decisione rispetto la scelta dell'immagine era collettiva. In alcune situazioni, i bambini tendevano a darsi una rotazione nella lettura senza che nessuno interferisse nelle loro decisioni. Nel caso della storia multisensoriale per i bambini di Terza, si è assistito ad un processo di decisione negoziata tra gli alunni che facevano parte del gruppo.

Tempistiche di esecuzione: Il tempo di esecuzione dell'esercizio era superiore a quello del tablet, ma paragonabile a quello dell'esercizio con materiali tangibili.

7.1.2. *Digitale*

Punti critici: la modalità con il tablet ha rappresentato la modalità più immediata e quella che tutti i bambini già conoscevano. Questo tipo di approccio portava i bambini ad essere molto autonomi e procedere in maniera straordinariamente rapida nell'esecuzione dell'esercizio. In alcuni casi la velocità era così alta da anticipare la richiesta operata dal feedback vocale. L'anticipo nella risposta non permetteva alla voce narrante di procedere nel racconto della storia, provocando la perdita di pezzi per gli utenti. I gruppi da tre che venivano formati, spesso provocavano un fenomeno di competizione nella risposta alla domanda che comportava una diminuzione drastica dell'attenzione.

Modalità d'uso: l'interazione non aveva bisogno di introduzioni o discorsi preliminari. Il gioco viene compreso immediatamente e fruito con facilità d'uso. Anche modalità di passaggio da una schermata ad un'altra erano facilmente recepite. Con la presenza della voce che legge le istruzioni, era rarissimo il caso in cui il bambino andasse in un secondo momento a rileggere l'istruzione.

Cooperazione: si è assistito a casi di mancanza di cooperazione in quanto vi era la competizione di chi controllava il tablet. Il bambino che controllava il tablet tendeva ad escludere gli altri componenti del gruppo ed a giocare in maniera del tutto indipendente e non cooperativa. In pochissimi casi si è riscontrato un fenomeno di collaborazione tra gli alunni in maniera negoziata.

Tempistiche di esecuzione: Il tempo di esecuzione si è mostrato in tutti i casi inferiore a quelli con gli altri strumenti.

7.1.3. TUI – Tangible User Interface

Punti critici: nell'esecuzione dell'esercizio con i materiali fisici vi era un problema di confidenza con i materiali. Infatti l'approccio comune dei bambini, non era quello di curiosità, ma quello della paura di toccare qualcosa che non fosse permesso. L'elemento più evidente era quello della novità. Spesso l'interazione con un materiale nuovo surclassava ogni altro tipo di interazione. La dinamica di gruppo comportava che alcuni bambini erano più centrali nel processo decisionale, mentre altri venivano forzatamente esclusi e spesso tendevano ad estraniarsi non seguendo l'esercizio, ma soffermandosi sui vasetti contenenti odori. Non appena la barriera del divieto veniva abbattuta, l'interazione avveniva in maniera del tutto naturale.

Modalità d'uso: l'interazione con lo strumento, fatto salvo il punto critico ricordato nel precedente capoverso, risulta piuttosto naturale. Sono state sufficienti le istruzioni del sistema per permettere un gioco fluido per ogni singolo bambino o gruppo. Il meccanismo di poggiare un materiale sulla tavoletta per avere una gestione dell'esercizio non sorprende e anzi sembrava quasi consueta. Pochissimi bambini si sono chiesti "quale fosse il trucco", tra tutti i bambini solo 3 hanno chiesto come faceva la tavoletta a riconoscere i materiali. In alcuni casi i bambini avevano moti di attrazione o di repulsione rispetto a determinati odori, processo che scaturiva ilarità e discussioni intra-gruppo. Nel caso del gioco dell'inglese, quando venivano richiamati gli odori, spesso i bambini non tendevano ad esplorare tutti gli odori: non appena sentito il primo, questo veniva posto sulla tavoletta. L'interazione con lo schermo, non sorprende, ma alimenta l'attenzione.

Cooperazione: l'esercizio con i materiali multisensoriali era quello che esaltava l'aspetto di cooperazione. È molto comune vedere un bambino che crede di intercettare l'odore corretto e lo propone come conferma agli alunni per vedere se essi hanno la sua stessa sensazione. La cooperazione tende ad emergere immediatamente. Viene solo limitata nel caso in cui il gruppo non riesce a trovare il profumo corretto in quanto la tendenza che si genera è quello di provare "tutti" gli odori in maniera acritica e il gioco trascende in una gara al più veloce a trovare il contenitore corretto. Nel caso di mettere le scarpe al pupazzo di Topolino o Paperino; o la gonna a Biancaneve, è molto interessante come il gruppo collaborava per compiere il compito, con un bambino che aveva il compito di tenere il pupazzo e l'altro di inserire le scarpette colorate.

Tempistiche di esecuzione: Il tempo di esecuzione delle applicazioni con TUI sono quelle con tempistiche superiori alle altri, ma comparabili con quelle di tipo cartaceo.

7.2. Valutazioni quantitative

7.2.1. Accettabilità per il gioco *English Word*

Al termine delle prove ai bambini veniva chiesto quale modalità fosse la preferita, dopo il gioco con *English Word*, attraverso al domanda:

“Con quale strumento preferisci e quale vorresti riutilizzare per imparare le parole in inglese?”

Per il primo anno, il valore massimo è rappresentato dal cartaceo con il 41% delle preferenze, mentre i materiali sono i preferiti per il 32% degli alunni. A sorpresa il tablet è il meno gettonato con il 23% di preferenze. Un bambino ha risposto: *“nessuno dei tre”*.

Anche dall’analisi di genere, si mostra lo stesso andamento. I risultati sono riportati nella Tabella 4.

	1 Anno	M	F
Materiali	7	4	3
Tablet	5	3	2
Cartaceo	9	4	5
Nessuno	1	1	0
Totali	22	12	10

Tabella 4: Risultati sull’accreditabilità dei bambini del primo anno.

Per i bambini del secondo anno della scuola Primaria della sperimentazione invece è il tablet il più attrattivo con 53% delle preferenze. In questo caso è evidente lo squilibrio tra maschi e femmine, nella preferenza dello strumento digitale. Le bambine preferiscono mediamente di più il cartaceo, mentre nessun bambino di sesso maschile l’ha selezionato. I materiali invece sono scelti dal 26% dei partecipanti, con una distribuzione preferenziale per i maschi (4 contro 1).

	2 Anno	M	F
Materiali	5	4	1
Tablet	10	7	3
Cartaceo	4	0	4
Nessuno	0	0	0
Totali	19	11	8

Tabella 5: Risultati dell'accettabilità per i bambini della seconda classe

Per il terzo anno, il panorama cambia, c'è un fortissimo favore per le applicazioni con i materiali tangibili, che vengono preferiti per il 71% mentre non vi sono preferenze per il cartaceo. Nove bambine su dieci accettano in maniera preferenziale i materiali fisici, mentre solo una il tablet. Per i bambini, il panorama è differente, con 6 bambini su 11 che preferiscono utilizzare le TUIs mentre i restanti 5 il tablet.

	3 Anno	M	F
Materiali	15	6	9
Tablet	6	5	1
Cartaceo	0	0	0
Nessuno	0	0	0
Totali	21	11	10

Tabella 6: Risultati dell'accettabilità per i bambini della terza classe

Per quanto riguarda i valori complessivi si evidenzia una preferenza dei materiali tangibili rispetto alle altre modalità di interazione con il 43% delle preferenze globali, equidistribuite tra maschi e femmine. Il tablet viene subito dopo con una percentuale del 34% a forte prevalenza maschile, mentre il cartaceo viene preferito dal 21% dei partecipanti.

	Totali	M	F
Materiali	27	14	13
Tablet	21	15	6
Cartaceo	13	4	9
Nessuno	1	1	0
Totali	62	34	28

Tabella 7: Risultati dell'accettabilità per tutti i partecipanti alla sperimentazione

Il risultato è descritto dalla Tabella 7 e dalla Figura 37.

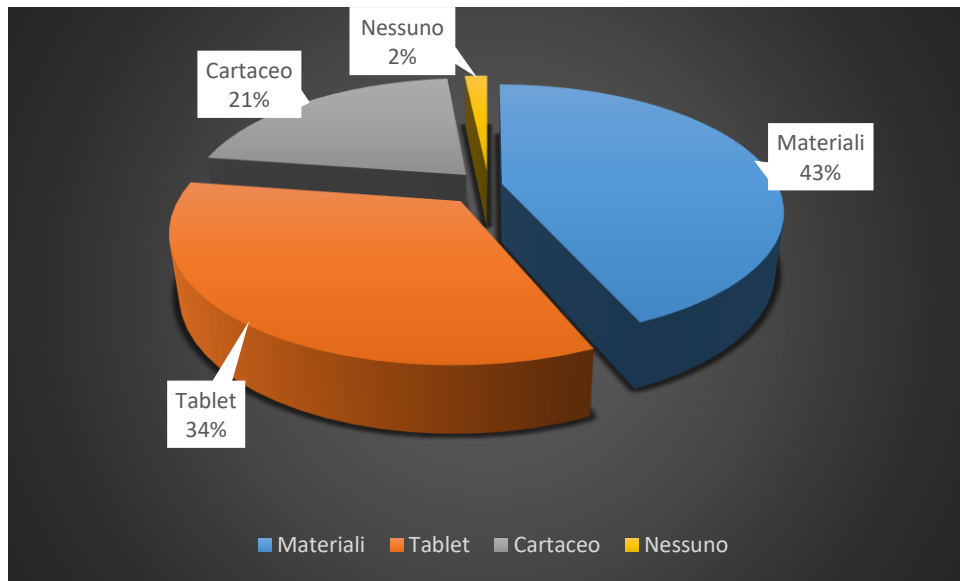


Figura 37: Grafico che mostra la distribuzione percentuale delle preferenze dell'accettabilità dello strumento

Molto interessante è osservare la dinamica tra le varie annualità, l'*appeal* del libro cala vertiginosamente verso il terzo anno d'età. Mentre i materiali sebbene ben accettati, nel gruppo del terzo anno hanno un'impennata importantissima. Il tablet invece ha un'accettabilità costante. (vedi la Figura 38).

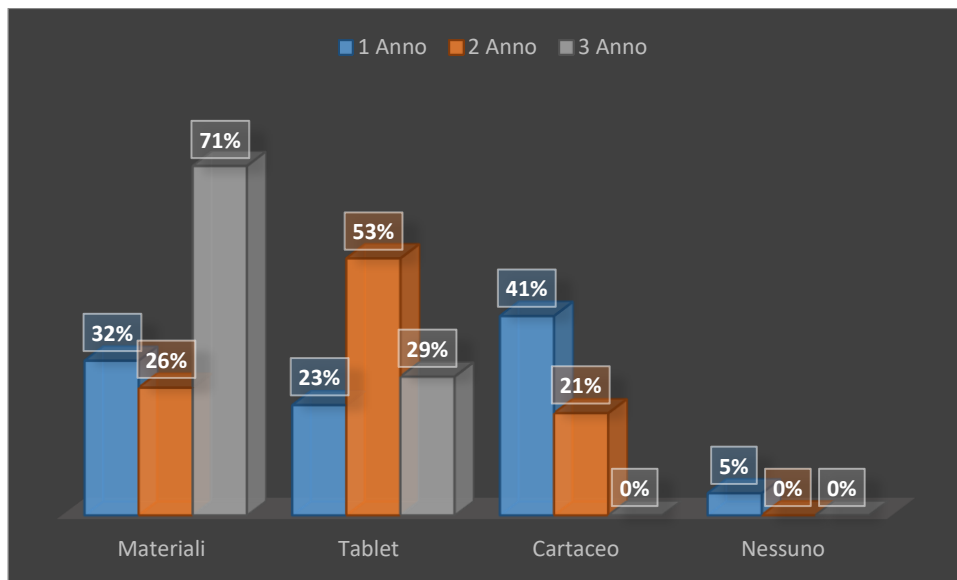


Figura 38: Grafico che mostra la distribuzione dell'accettabilità in funzione delle annualità

Altro risultato interessante è quello derivante dalla distribuzione di genere. Le bambine preferiscono i materiali, con una forte componente del cartaceo, mentre il meno gettonato è il tablet. Per gli alunni di sesso maschile, il tablet rappresenta la modalità preferita mentre il cartaceo quella minoritaria.

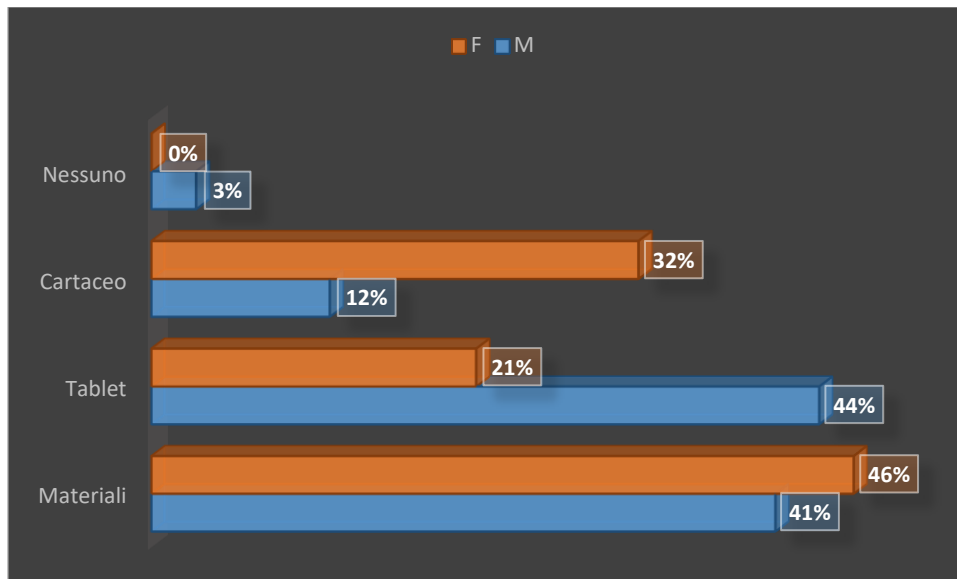


Figura 39: Distribuzione dell'accettabilità per strumento con differenziazione di genere

7.2.2. Accettabilità per le storie di *Biancaneve*, *Paperino* e *Topolino*

Per questo studio sono stati coinvolti i 59 alunni delle tre classi della Seconda dell'Istituto Piaget-Majorana di Roma.

In questo caso i risultati sono quelli inseriti nella tabella seguente:

2 Anno	Totali	M	F
Materiali	36	23	13
Tablet	15	9	6
Cartaceo	5	3	2
Non risponde	3	1	2
Totali	59	36	23

Tabella 8: Frequenze delle preferenze tra la storia eseguita con i materiali tangibili (TUIs), con il cartaceo (libro-game) o con il digitale (Tablet).

Nella loro versione percentuale:

2 Anno	Totali	M	F
Materiali	61,0%	63,9%	56,5%
Tablet	25,4%	25,0%	26,1%
Cartaceo	8,5%	8,3%	8,7%
Non risponde	5,1%	2,8%	8,7%
Totali	100,0%	100,0%	100,0%

Tabella 9: Percentuali delle preferenze della storia eseguita

In questo caso risulta particolarmente interessante il risultato che pone una netta preferenza della storia eseguita con i materiali (non ci sono differenze significative per la tipologia di storia effettuata). Inoltre questo risultato sembra non essere affetto dalla variabile genere.



Figura 40: Percentuali dell'accettabilità delle storie per tipologia di interazione.

7.2.3. *Apprendimento e memorizzazione*

Per i bambini 81 bambini (22 della classe Terza della scuola Primaria di Viggianello e i 59 alunni della scuola romana) si è proposto anche il percorso dello *storytelling* nelle tre versioni: cartaceo, digitale e multisensoriale.

Per ogni storia sono state selezionate 4 domande listate in Tabella 3. Alle domande i bambini hanno risposto come riportato nella Tabella 10. Ogni bambino aveva un ordinamento di domande casuale (le risposte possono essere consultate nell'Appendice 2: Risposte per la memorizzazione delle storie).

	Cartaceo	Digitale	Multisensoriale
Risposte Corrette	144	106	143
Risposte Errate	180	218	181
Totale	324	324	324

Tabella 10: Numero di frequenze di risposte corrette ed errate a seguito dell'utilizzo delle tre storie

Dalla tabella si evince come nel caso della storia multisensoriale e della storia attraverso il libro-game la memorizzazione e l'apprendimento degli avvenimenti è stato più intenso

con rispettivamente 144 e 143 risposte corrette su 324 con il 44,4% e il 44,1% di risposte giuste.

Invece con lo strumento puramente digitale, con applicazione touchscreen le risposte corrette sono 106 su 324 con una percentuale del 32,7%. Infatti con questo strumento, l'interazione è rapidissima e non permette un apprendimento costruttivo e una memorizzazione conseguente.

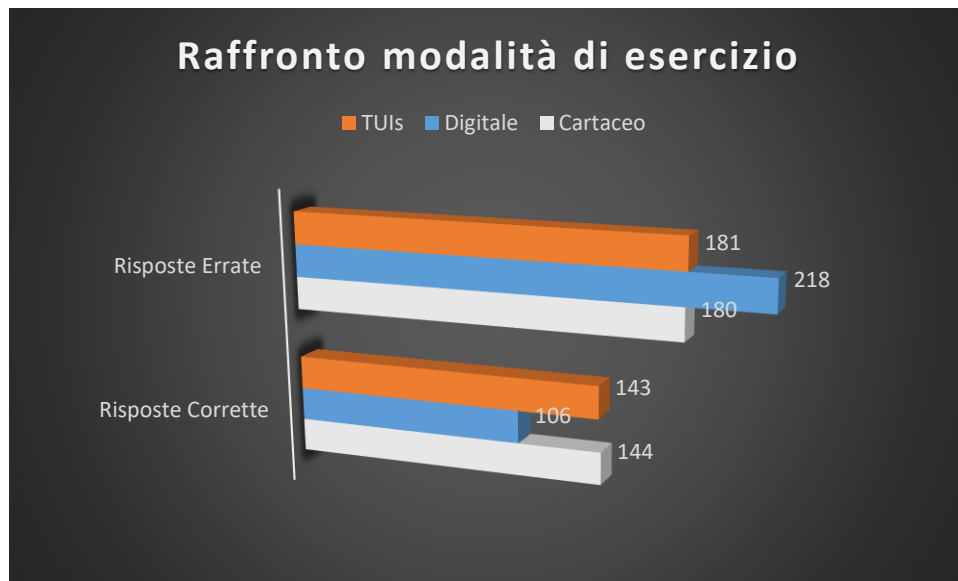


Figura 41: Grafico che rappresenta le risposte Corrette e le Risposte Errate delle 4 domande per ogni tipologia di intervento.

I dati sono confermati anche dalle osservazioni, infatti le risposte rispetto alla storia multisensoriale sono certe e molto veloci, mentre nel caso della storia utilizzata con il tablet, le risposte sono spesso frammentarie e insicure.

È frequente da parte dei bambini di cercare di rispondere con buon senso rispetto alcune domande di cui non ricordavano la risposta corretta.

Senza alcun dubbio le differenze sono dovute all'esposizione rispetto agli strumenti utilizzati. Con il tablet la velocità di utilizzo è sicuramente la chiave per capire le risposte errate e la poca memorizzazione delle storie. Infatti i bambini tendono ad essere attratti dall'interazione e dal "riuscire" nell'esercizio nel tempo minore, non concentrandosi sulla storia.

Aver vissuto con l'esperienza, con la manualità e con i sensi, attiva varie funzioni cognitive, mantenendo il ricordo per un tempo maggiore, mentre la modalità mono-modale del tablet tende a aiutare in maniera inferiore la memorizzazione della storia. L'olfatto, il gusto e il tatto sembrano giocare un ruolo importante nell'apprendimento e sistemi di tipo ibrido riescono a coniugare una forte accettabilità, al passo con i tempi e in grado di coniugare digitali e del mondo reale e fisico.

Il cartaceo si rivela l'elemento più conosciuto e i tempi di lettura provocano una necessità di soffermarsi sulle risposte e sull'evoluzione della storia. Inoltre l'apprendimento di storie successiva ad una fase di lettura è un esercizio ampiamente svolto dai bambini in questa fase.

Un dato molto interessante è lo studio delle risposte per le differenti storie.

La storia di Topolino è quella, le cui domande appaiano più facili, oltre il tipo di interazione.

Come mostra il grafico seguente, le risposte per l'avventura di Topolino sono state 188 pari al 58% mentre nel caso delle storie di Paperino e Biancaneve c'è una maggioranza di risposte errate rispettivamente 220/324 (68%) e 223/324 (69%).



Infine vengono mostrati i risultati delle varie modalità nei confronti della tipologia di interazione agita.

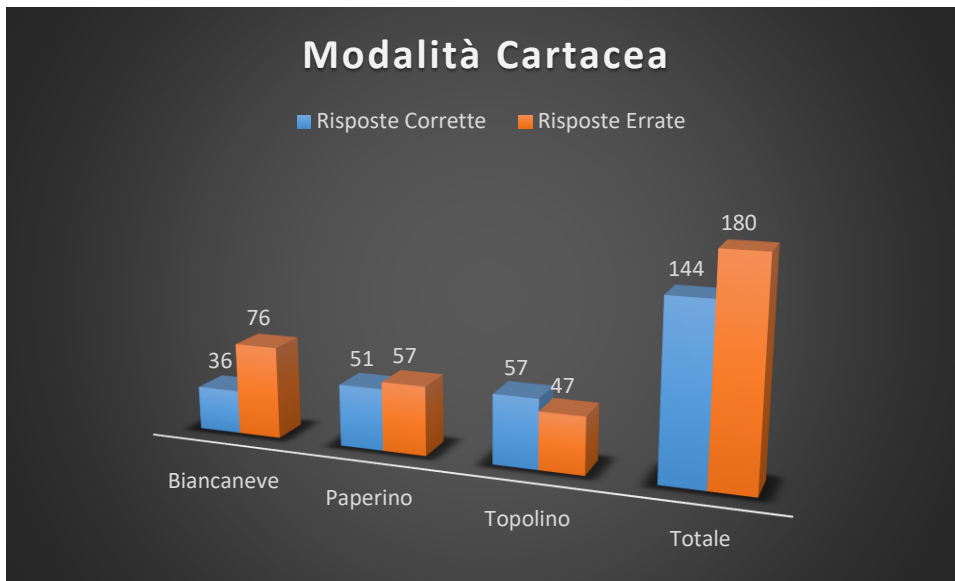


Figura 42: Frequenza delle risposte per l'interazione con il libro game

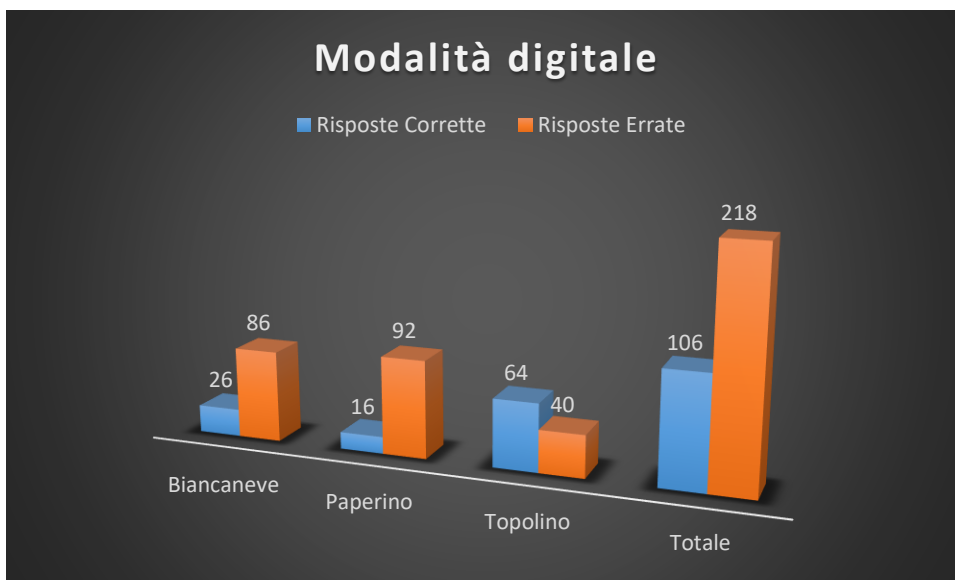


Figura 43: Frequenza delle risposte per l'interazione con il tablet

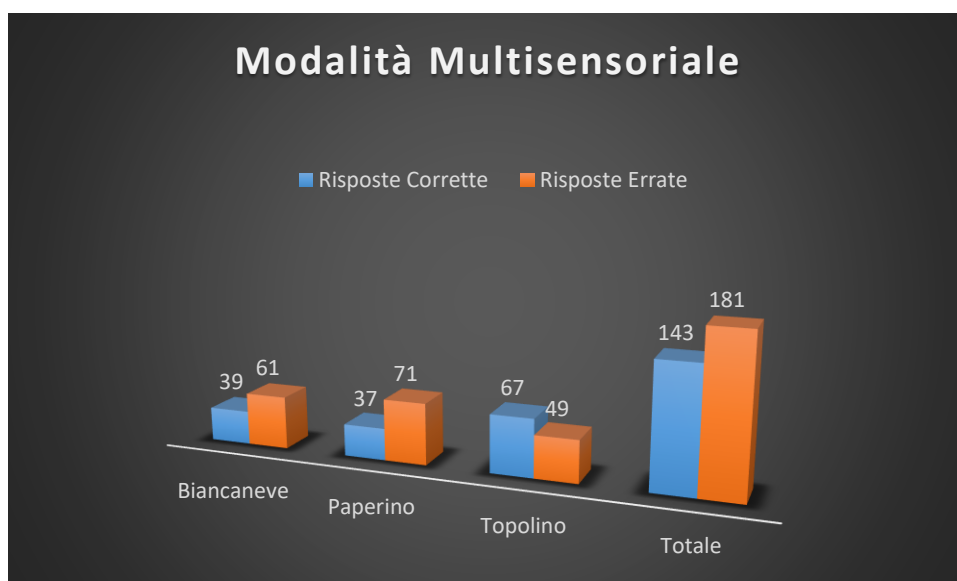


Figura 44: Frequenza delle risposte per l'interazione con i materiali multisensoriali (TUIs)

8. Conclusioni e direzioni future

Il percorso triennale di dottorato ha prodotto una serie di risultati tangibili, quelli che in ambito di progettazione potremmo chiamare *outcomes* o *deliverables*.

Durante questi tre anni si è fatta una profonda analisi dello stato dell'arte, sia dal punto di vista delle metodologie psico-pedagogiche da riscoprire, sia attraverso uno studio rigoroso sulle indicazioni nazionali del curriculum del Ministero dell'Istruzione, Università e Ricerca, sia esplorando i sussidiari attualmente in uso presso le scuole nazionali, e infine indagando circa le nuove frontiere tecnologiche in ambito di ricerca e le tendenze del mercato nel settore del *Technology Enhanced Learning*. Questo lavoro si è coniugato con le esperienze pregresse ottenute dalla partecipazione attiva dal lato scientifico e, quella altrettanto stimolante, di project manager per il progetto Europeo BlockMagic, formando le basi da cui generare i risultati della ricerca.

In primo luogo è stato ideato, concettualizzato e sviluppato il modello dell'*Hyper Activity Book* (HAB), che rappresenta la porzione modellistica fondamentale a cui ispirarsi per l'implementazione di prototipi in un settore così delicato quanto cruciale, dove troppo spesso le applicazioni si sono fermate a miglioramenti puntuali e non sistemici. Il modello dell'*Hyper Activity Book* ha l'ambizione di formare uno schema entro cui poter applicare in maniera organica i principi del *Learning by Doing* in stretta comunicazione con il concetto degli ambienti didattici ibridi e delle interfacce-utente di stampo tangibile e dei moduli di Intelligenza Artificiale. A corredo del modello dell'HAB e sulla base dell'analisi dello stato dell'arte condotto, sono state prodotte delle linee guida per la progettazione di Ambienti Ibridi.

La tesi ha prodotto anche materiali realizzati nella forma di prototipi oltre ai fondamentali schemi teorici appena descritti. La ricerca ha permesso lo sviluppo di due hardware, che hanno rappresentato un'evoluzione e un miglioramento incrementale rispetto alle precedenti realizzazioni.

Si è sviluppato un algoritmo per il riconoscimento di oggetti fisici su schermi *touchscreen* grazie al loro posizionamento sugli stessi. Il prototipo, denominato TriPOD, contiene l'algoritmo che è in grado di riconoscere gli oggetti fisici sulla base della disposizione delle protrusioni capacitive (i pin capacitivi) in maniera univoca, collegando l'identificativo generato con un oggetto tangibile. Questo prototipo è funzionante e

sebbene abbia necessità di divenire ancora più robusto in termini tecnici, è uno sviluppo interessante per le applicazioni nel settore dell'educazione e della riabilitazione, in grado di aprire nuovi scenari applicativi.

L'altro prototipo hardware, sviluppato nel percorso dottorale è rappresentato dall'Activity Board 1.0. La tavoletta attiva che sfrutta la tecnologia RFID è il miglioramento di precedenti versioni, attraverso un complesso e lungo lavoro di riaggiornamenti e miglioramenti incrementali. La nuova versione ha la possibilità di connettersi via Wi-Fi e contiene tutti i materiali al suo interno, fornendo una versione "portatile" e immediatamente fruibile in ogni contesto. La tavoletta ha raggiunto un ottimo grado di robustezza, tanto da permettere sperimentazioni senza bug di sistema e rimuovendo la maggior parte di problematiche tecniche. Un risultato è stato anche quello di ridurre drasticamente il costo del sistema, attraverso un'attenta analisi delle componentistiche sul mercato, con l'obiettivo di mantenere gli standard progettuali definiti dal modello HAB e i requisiti funzionali.

Ulteriore risultato del progetto è stato lo sviluppo di APP educative che sfruttano i principi della multisensorialità. Con queste APP educative si intende estendere il campo rispetto alla manualità che è stata centrale nei progetti precedenti (vedi BlockMagic). L'estensione nei confronti dell'udito, del tatto, del gusto e dell'olfatto hanno aperto nuovi scenari di opportunità per tutto il gruppo di ricerca, proponendo delle modalità di interazione ancora più aderenti alle pratiche psico-pedagogiche a cui si ispirano. Le APP educative si sono centrate sul metodo ibrido, di coniugazione tra mondo fisico e reale in campo didattico, creando applicazioni per l'educazione musicale, per l'educazione olfattiva e della conoscenza del mondo, per l'immersione nei processi di *storytelling*, per l'apprendimento dell'anatomia, per l'apprendimento delle lingue, per l'apprendimento dell'ortografia e per l'apprendimento dei rudimenti della matematica. In questa tesi sono stati presentati solo alcune delle APP educative sviluppate in questi tre anni.

Questo lavoro permette di alimentare il database di esercizi che viene proposto nel modello generale HAB permettendo la creazione di una *suite* di esercizi e scenari didattici fruibili per un'applicazione nel mondo scolastico.

A valle di tutti questi risultati, è stata condotta una sperimentazione per verificare gli impatti dei principi, dei modelli e delle tecnologie integrate nelle routine scolastiche reali, andando ad indagare l'accettabilità e l'efficacia di questi strumenti.

I risultati di questa sperimentazione hanno portato dei dati iniziali particolarmente interessanti. Si è verificata l'accettabilità di questi strumenti, con risultati più larghi di quanto atteso. Le *Tangible User Interfaces* sono accettate meglio del comune tablet e del classico libro dai bambini, in contesti d'apprendimento formale. È stato verificato come gli strumenti vengano percepiti come facilmente utilizzabili e non pongano in alcun modo un limite nella loro disseminazione massiva.

L'altro risultato rilevante riguarda i processi di apprendimento e memorizzazione collegati con le tre differenti modalità. Dallo studio sperimentale condotto, che dovrà rappresentare il punto di partenza per ulteriori studi dopo il dottorato, si è verificato che l'applicazione di Approcci Ibridi tramite materiali multisensoriali migliora l'apprendimento e la memorizzazione rispetto ai concetti a cui vengono esposti. Risultato in totale controtendenza con quanto determinato dal tablet, che risulta essere la modalità che permette una memorizzazione più scarsa. Questo risultato iniziale sostanzia con forza l'interesse dei approcci fisico-digitali basati sulla multisensorialità. La stessa multisensorialità è parzialmente trascurata nell'apprendimento formale tradizionale; riscoprire questo elemento può aprire nuovi orizzonti, valorizzando un bagaglio informativo enorme che può coadiuvare i processi di insegnamento/apprendimento. Il risultato deve essere confermato con altri studi e verifiche, ma dimostra quanto questo filone di ricerca deve essere cavalcato ed analizzato. In particolare lo studio si è sviluppato con un'interazione di gruppo con gli strumenti. Una prima estensione della ricerca sarà di verificare l'accettabilità e la memorizzazione con un'interazione di tipo individuale. Un'altra evoluzione di sicuro interesse è verificare l'efficacia di questi strumenti per altre fasce d'età.

Oggi ci troviamo davanti ad una piccola rivoluzione, i sussidi tecnologici stanno permeando la società in maniera importante. L'approccio multisensoriale può rappresentare un elemento di novità e di "rallentamento" rispetto alla frenesia che spesso questi dispositivi sempre più performanti portano con sé.

Chiaramente tutti questi risultati, di produzione di modelli, di prototipi e la generazione dei risultati sperimentali possono essere migliorati sostanzialmente. Molti sono gli sviluppi futuri che si aprono a valle del lavoro di ricerca di questi tre anni.

Da un lato vanno migliorati ancora i sistemi informatici e gli hardware per renderli a basso costo, ancora più semplici da usare e limitare tutte le problematiche che nella

pratica possono insorgere per dare modo agli insegnanti di fruirne in maniera indipendente nelle classi.

Da un altro lato va allargata l'ottica delle sperimentazioni, finora ristretto al campo dell'educazione scolastica. L'idea è quella di verificare l'efficacia di questi strumenti in contesti non formali e informali all'esterno della scuola, partendo dalla casa, vista in continuità con la classe.

Inoltre è necessario migliorare i sistemi di Tutoraggio Adattivo, costruendo dei *layout* e dei moduli base per l'applicazione in differenti contesti (esercizi sequenziali, esercizi a livelli, esercizi sociali, esercizi competitivi, esercizi con verifica, ecc.)

Lo spunto di questo percorso di ricerca deve essere un volano per la costruzione di ecosistemi più complessi basati sulle linee guida e sui modelli (HAB) sviluppati. Un aspetto in cui sarà necessario un lavoro intenso è sulla creazione di una piattaforma per la gestione del database del sistema, per poter essere fruibile *anytime and anywhere* e con qualsiasi dispositivo. Il database dovrebbe essere alimentato non solo dai ricercatori nell'ambito del *Technology Enhanced Learning* ma attraverso la disseminazione di queste pratiche nelle scuole e con l'intervento diretto degli insegnanti. È grazie al loro interesse che sarà possibile aumentare il bacino d'utenza ed avere un impatto reale nella scuola. Il sistema a cui si appoggia questa ricerca si basa su STELT che permette ad un autore di creare il proprio scenario. Aumentando il nucleo degli autori sarà possibile creare un ecosistema sempre più ricco e dove i moduli di *Learning Analytics*, e gli *ATS* potranno avere un ruolo sempre più rilevante.

Altro obiettivo è quello di allargare il campo delle tecnologie a supporto di questi sistemi, integrando sistemi di riconoscimento della scrittura, *leap motion*, riconoscimento vocale, ecc. al fine di aumentare i canali sensoriali e le possibilità per sviluppare esercizi e percorsi didattici.

Un'altra frontiera importantissima è l'applicazione di questi modelli per bambini con BES e con disabilità gravi. I risultati di Block Magic erano molto incoraggianti in questo senso e grazie al lavoro di ricerca svolto si sono poste le basi per implementare applicazioni nel campo della riabilitazione. L'ottica a cui si deve tendere è di creare giochi e sistemi sempre più inclusivi, che siano accessibili senza avere caratteristiche di specialità. Le APP didattiche che sfruttano la multisensorialità già vanno in questa

direzione ed uno studio sistematico in quest'ottica è senza dubbio una direzione futura da percorrere.

Chiaramente le proposte di lavoro sono molteplici e molto ambiziose, necessitano di competenze multidisciplinari e di molte risorse. È evidente che non potrà mai essere svolto in maniera indipendente da un singolo ricercatore o da un gruppo di ricerca locale. È un lavoro che deve coinvolgere team che portano a fattori comuni differenti linguaggi, che deve coinvolgere la società civile, gli insegnanti, le amministrazioni locali e le scuole. Il lavoro di ricerca condotto in questi tre anni ha portato delle piccole innovazioni e delle evidenze nell'alveo di questo percorso che, chi scrive è convinto sia necessario esplorare nel corso dei prossimi anni.

Sicuramente questa tesi di dottorato può essere una nuova prospettiva; uno spunto per riflettere circa l'impatto delle tecnologie ibride. Una riflessione di quanto queste tecnologie, che per loro natura sono a carattere più "riflessivo", possano avere la capacità di controbilanciare lo strapotere delle tecnologie ad alta interattività che sono imperanti nel mondo contemporaneo, soprattutto in un campo cruciale come quello dell'educazione.

Bibliografia

A

Anand, A. P., Srivastava, D., Sharma, D., Dhal, J., Singh, A. K., Meena, M. S., & Scholar, U. Smart School Bag. *International Journal of Engineering Science*, 6057. (2016).

Anderson, M. L. (2003). Embodied Cognition: A field guide. *Artificial Intelligence*, 149, 91-130

Ashton, K. (2009). That ‘internet of things’ thing. *RFiD Journal*, 22(7), 97-114.

Atkins, D. E., Brown, J. S., & Hammond, A. L. (2007). *A review of the open educational resources (OER) movement: Achievements, challenges, and new opportunities* (pp. 1-84). Creative common.

Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The internet of things: A survey. *Computer networks*, 54(15), 2787-2805.

B

Bassuony, K., Gaber, M., Lazem, S., Youssef, K., & Farag, M. M. E-Playground: Simultaneous Identification of Multi-players in Educational Physical Games Using Low-cost RFID. In *Proceedings of the 2nd Africa and Middle East Conference on Software Engineering* (pp. 28-33). ACM. (2016)

Blagojevic, R., Chen, X., Tan, R., Sheehan, R., & Plimmer, B.: Using tangible drawing tools on a capacitive multi-touch display. In *Proceedings of the 26th Annual BCS Interaction Specialist Group Conference on People and Computers* (pp. 315-320). British Computer Society. (2012).

Bock, M., Fisker, M., Topp, K. F., & Kraus, M. (2015, October). Tangible Widgets for a Multiplayer Tablet Game in Comparison to Finger Touch. In *Proceedings of the 2015 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play* (pp. 755-758). ACM.

Bottino, A., Martina, A., Strada, F., & Toosi, A.: GAINE—A portable framework for the development of edutainment applications based on multitouch and tangible interaction. *Entertainment Computing*. (2016).

Bruner J.S. (1990). *Acts of meaning*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1990

C

Carmigniani, J., Furht, B., Anisetti, M., Ceravolo, P., Damiani, E., & Ivkovic, M. : *Augmented reality technologies, systems and applications*. *Multimedia Tools and Applications*, 51(1), 341-377. (2011)

Clark, A. (2008). *Supersizing the mind: Embodiment, action, and cognitive extension*. OUP USA.

Chan, L., Müller, S., Roudaut, A., & Baudisch, P.: *CapStones and ZebraWidgets: sensing stacks of building blocks, dials and sliders on capacitive touch screens*. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 2189-2192). ACM. (2012)

Cheng, S. T., Jian-pan, L. I. Using ontology and RFID technology to develop an agent-based system for campus-safety management. In *Proceedings of The Fifth International Conference on Advanced Cognitive Technologies and Applications* (pp. 77-82). (2013).

Choi, G., Jung, C., Kim, M. (2014, June). *Implementation of smart-learning education system using robotic pet*. In *The 18th IEEE International Symposium on Consumer Electronics (ISCE 2014)* (pp. 1-2). IEEE.

Conati C. (2009). "Intelligent Tutoring Systems: New Challenges and Directions". *IJCAI'09 Proceedings of the 20th International Joint Conference on Artificial Intelligence*. Morgan Kaufmann. San Francisco, 2-7.

D

De Bono, E. (2004). *Il pensiero laterale: come diventare creativi*. Rizzoli

De La Guía, E., Lozano, M. D., & Penichet, V. M. (2013) *Interacting with Objects in Games Through RFID Technology*.

Dell'Aquila, E., Marocco, D., Ponticorvo, M., di Ferdinando, A., Schembri, M., & Miglino, O. (2017). *Educational Games for Soft-Skills Training in Digital Environments*. Springer International Publishing.

Dewey, J.: *Democracy and Education*. Courier Corporation, New York (2004)

Dewey, J. (2007). *Experience and education*. Simon and Schuster.

Dicle, M. F., & Levendis, J. Using RFID technology to track attendance. *Journal for Economic Educators*, 13(1), 29-38. (2013).

Di Fuccio, R., Ponticorvo, M., Di Ferdinando, A., & Miglino, O. (2015). Towards Hyper Activity Books for Children. Connecting Activity Books and Montessori-like Educational Materials. In *Design for Teaching and Learning in a Networked World* (pp. 401-406). Springer International Publishing.

Di Fuccio, R., Ponticorvo, M., Ferrara, F., & Miglino, O. (2016, September). Digital and Multisensory Storytelling: Narration with Smell, Taste and Touch. In *European Conference on Technology Enhanced Learning* (pp. 509-512). Springer International Publishing.

Di Fuccio, R., Siano, G. & De Marco, A., (2017 – in Press). TriPOD- A Prototypal System for the Recognition of Capacitive Widget on Touchscreen Addressed for Montessori-Like Educational Applications. In *Advances in Intelligent Systems and Computin Series - Proceedings of WorldCIST'17*. Springer International Publishing.

Di Fuccio, R., Siano, G. & De Marco, A., (2017 – in Press). The Activity Board 1.0 - RFID-NFC WI-FI multitags desktop reader for education and rehabilitation applications. In *Advances in Intelligent Systems and Computin Series - Proceedings of WorldCIST'17*. Springer International Publishing.

E

F

Fitzmaurice, G. W., Ishii, H., & Buxton, W. A.: Bricks: laying the foundations for graspable user interfaces. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 442-449). ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co. (1995).

Ferrara, F., Ponticorvo, M., Di Ferdinando, A., & Miglino, O. (2016). Tangible Interfaces for Cognitive Assessment and Training in Children: LogicART. In *Smart Education and e-Learning 2016* (pp. 329-338). Springer International Publishing.

Freeman, D., Benko, H., Morris, M. R., & Wigdor, D.: ShadowGuides: visualizations for in-situ learning of multi-touch and whole-hand gestures. In *Proceedings of the ACM*

International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces (pp. 165-172). ACM. (2009)

French, A. M., Guo, C., & Shim, J. P. (2014). Current status, issues, and future of bring your own device (BYOD). *Communications of the Association for Information Systems*, 35(10), 191-197.

G

Gallese, V., Fadiga L., Fogassi L. & Rizzolatti G. (1996). Action recognition in the premotor cortex. *Brain*, 119, pp.593-609.

Gardner, H. (2006). *Multiple intelligences: New horizons*. Basic books.

Ghomi, E., Huot, S., Bau, O., Beaudouin-Lafon, M., & Mackay, W. E.: Arpège: learning multitouch chord gestures vocabularies. In Proceedings of the 2013 ACM international conference on Interactive tabletops and surfaces (pp. 209-218). ACM. (2013).

Gonzalez, R. M., Appert, C., Bailly, G., Pietriga, E., & Orsay, F. P.: TouchTokens: Guiding Touch Patterns with Passive Tokens. In 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. (2016).

Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future generation computer systems*, 29(7), 1645-1660.

H

Han, J., Kim, K., Jung, K., & Lee, K. O. RFID-Based Digital Board Game Platforms. *Computing and Informatics*, 29(6+), 1141-1158. (2012)

Hourcade, J. P., Mascher, S. L., Wu, D., & Pantoja, L. (2015, April). Look, My Baby Is Using an iPad! An Analysis of YouTube Videos of Infants and Toddlers Using Tablets. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1915-1924). ACM.

I

Ishii, H. The tangible user interface and its evolution. *Communications of the ACM*, 51(6), 32-36. (2008)

J

Jia, X., Feng, Q., Fan, T., & Lei, Q. (2012, April). RFID technology and its applications in Internet of Things (IoT). In *Consumer Electronics, Communications and Networks (CECNet), 2012 2nd International Conference on* (pp. 1282-1285). IEEE.

K

Kleiman, J., Pope, M., Blikstein, P. RoyoBlocks: An exploration in tangible literacy learning. In *Proceedings of the 12th International Conference on Interaction Design and Children* (pp. 543-546). ACM. (2013)

Kratz, S., Westermann, T., Rohs, M., & Essl, G.: CapWidgets: tangible widgets versus multi-touch controls on mobile devices. In *CHI'11 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1351-1356). ACM. (2011).

Kubicki, S., Lepreux, S., Kolski, C. RFID-driven situation awareness on TangiSense, a table interacting with tangible objects. *Personal and Ubiquitous Computing*, 16(8), 1079-1094. (2012).

L

Liu, H., Bolic, M., Nayak, A., Stojmenovic, I. Taxonomy and challenges of the integration of RFID and wireless sensor networks. *IEEE network*, 22(6), 26-35. (2008).

M

Madlmayr, G., Langer, J., Kantner, C., Scharinger, J. NFC devices: Security and privacy. In *Availability, Reliability and Security, 2008. ARES 08. Third International Conference on* pp. 642-647. IEEE. (2008).

Miglino, O., Di Fuccio, R., Barajas, M., Belafi, M., Partrizia, C., Dimitrakopoulou, D., ... & Zoakou, A. (2013). Enhancing Manipulative Learning with Smart Objects. *Learning Innovations and Quality: The Future of Digital Resources*, 112-119.

Miglino, O., Di Fuccio, R., Di Ferdinando, A., Barajas, M., Trifonova, A., Ceccarani, P., ... & Ricci, C. (2013). BlockMagic: enhancing traditional didactic materials with smart objects technology. In *Proceedings of the International Academic Conference on Education, Teaching and E-learning in Prague*.

Miglino, O., Di Ferdinando, A., Schembri, M., Caretti, M., Rega, A., & Ricci, C. (2013). STELT (Smart Technologies to Enhance Learning and Teaching): una piattaforma per realizzare ambienti di realtà aumentata per apprendere, insegnare e giocare. *Sistemi intelligenti*, 25(2), 397-404.

Miglino, O., Di Fuccio, R. & Rega, A. editors (2013): Technology to enhance Hands-on Psycho-pedagogical Practices, Nea-Science – Special Issue Vol.3 http://issuu.com/neascience/docs/issue_nov_13/1?e=0/7173872

Miglino, O., Di Ferdinando, A., Di Fuccio, R., Rega, A., & Ricci, C. (2014). Bridging Digital and Physical Educational Games Using RFID/NFC Technologies. *Journal of e-Learning and Knowledge Society*, 10(3).

Miglino, O., Di Fuccio, R., Di Ferdinando, A., & Ricci, C. (2015). BlockMagic, A Hybrid Educational Environment Based on RFID Technology and Internet of Things Concepts. In *Internet of Things. User-Centric IoT* (pp. 64-69). Springer International Publishing.

Miorandi, D., Sicari, S., De Pellegrini, F., & Chlamtac, I. (2012). Internet of things: Vision, applications and research challenges. *Ad Hoc Networks*, 10(7), 1497-1516.

Montessori, M. (1995). *The absorbent mind*. Holt Paperbacks

Montessori, M., & Gutek, G. L. (2004). *The Montessori method: the origins of an educational innovation: including an abridged and annotated edition of Maria Montessori's The Montessori method*. Rowman & Littlefield.

Munari, B., Munari, B., & Munari, B. (1972). *Design e comunicazione visiva: contributo a una metodologia didattica*. Laterza

N

Núñez, R. (2012). On the science of embodied cognition in the 2010s: Research questions, appropriate reductionism, and testable explanations. *Journal of the Learning Sciences*, 21(2), 324-336.

O

P

Papert, S. (1993). *The Children's Machine: Rethinking School In The Age Of The Computer*. New York, Basic Books.

Pfeifer, R., Lungarella, M., & Iida, F. (2007). Self-organization, embodiment, and biologically inspired robotics. *science*, 318(5853), 1088-1093.

Piaget, J. (1926). *La representation du monde chez l'enfant*. Paris, Alcan

Piaget, J. (1936). *La naissance de l'intelligence chez l'enfant*. Neuchatel -Paris, Delachaux et Niestlè

Q

R

Rekimoto, J.: SmartSkin: an infrastructure for freehand manipulation on interactive surfaces. In Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems (pp. 113-120). ACM. (2002).

Rizzolatti, G., & Craighero, L. (2004). The mirror-neuron system. *Annu. Rev. Neurosci.*, 27, 169-192.

Romano A., (2016). *Quando l'apprendimento trasforma*, FrancoAngeli, Milano

Roussos, G., & Kostakos, V. (2009). RFID in pervasive computing: state-of-the-art and outlook. *Pervasive and Mobile Computing*, 5(1), 110-131.

S

Schwellnus, H., Carnahan, H., Kushki, A., Polatajko, H., Missiuna, C., & Chau, T. (2012). Effect of pencil grasp on the speed and legibility of handwriting in children. *American Journal of Occupational Therapy*, 66(6), 718-726.

Shapiro, L. (2010). *Embodied cognition*. Routledge.

Shen, C. W., Wu, Y. C. J., & Lee, T. C. Developing a NFC-equipped smart classroom: Effects on attitudes toward computer science. *Computers in Human Behavior*, 30, 731-738. (2014)

T

Tam, P., & Walter, G. (2013). Problematic internet use in childhood and youth: evolution of a 21st century affliction. *Australasian Psychiatry*, 1039856213509911.

Tanenbaum, J., Tanenbaum, K., Antle, A. The Reading Glove: designing interactions for object-based tangible storytelling. In *Proceedings of the 1st Augmented Human International Conference* (p. 19). ACM. (2010).

Turcu, C., Turcu, C., Popa, V., & Gaitan, V.. ICT and RFID in education: some practical aspects in campus life. arXiv preprint arXiv:1503.04286. (2015)

U

V

Varela, F. J., Thompson, E., Rosch, E. (1991). *The embodied mind: Cognitive science and human experience*. Cambridge, MA, MIT Press

Vygotsky, L. (1978). *Mind and Society. The development of higher mental processes*. Cambridge, MA, Harvard University Press.

Voelker, S., Nakajima, K., Thoresen, C., Itoh, Y., Øvergård, K. I., & Borchers, J.: Pucs: Detecting transparent, passive untouched capacitive widgets on unmodified multi-touch displays. In *Proceedings of the 2013 ACM international conference on Interactive tabletops and surfaces* (pp. 101-104). ACM. (2013).

Voelker, S., Cherek, C., Thar, J., Karrer, T., Thoresen, C., Øvergård, K. I., & Borchers, J. : PERCs: Persistently Trackable Tangibles on Capacitive Multi-Touch Displays. In *Proceedings of the 28th Annual ACM Symposium on User Interface Software & Technology* (pp. 351-356). ACM. (2015).

W

Weiss, M., Wagner, J., Jansen, Y., Jennings, R., Khoshabeh, R., Hollan, J. D., & Borchers, J.: SLAP widgets: bridging the gap between virtual and physical controls on tabletops. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 481-490). ACM. (2009)

X

Y

Yan, L., Zhang, Y., Yang, L. T., & Ning, H. (Eds.). (2008). *The Internet of things: from RFID to the next-generation pervasive networked systems*. CRC Press.

Yu, N. H., Chan, L. W., Lau, S. Y., Tsai, S. S., Hsiao, I. C., Tsai, D. J., & Hung, Y. P.: TUIIC: enabling tangible interaction on capacitive multi-touch displays. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 2995-3004). ACM. (2011).

W

Want, R. An introduction to RFID technology. *IEEE Pervasive Computing*, 5(1), 25-33. (2006)

Welbourne, E., Battle, L., Cole, G., Gould, K., Rector, K., Raymer, S., ... & Borriello, G. (2009). Building the internet of things using RFID: the RFID ecosystem experience. *IEEE Internet Computing*, 13(3).

Wollscheid, S., Sjaastad, J., Tømte, C., & Løver, N. (2016). The effect of pen and paper or tablet computer on early writing—A pilot study. *Computers & Education*, 98, 70-80.

Z

Zhu, X., Mukhopadhyay, S. K., Kurata, HA review of RFID technology and its managerial applications in different industries. *Journal of Engineering and Technology Management*, 29(1), 152-167. (2012).

Appendice 1: le tre storie di Paperino, Topolino e Biancaneve

Storia di Paperino

Primo quadro (Solo Touch o Multisensoria)



Paperino deve iniziare una dura ma divertente giornata. Per iniziare vuole trovare il colore giusto per le sue scarpe. Lo vuoi aiutare? Paperino indosserà le scarpe che hai selezionato.

Scelta: Tre scarpe di tre colori differenti in immagine / in tessuto (rosso, giallo e blu)

Secondo quadro



Paperino decide di passare una allegra giornata in campagna, in mezzo all'aria aperta. Per iniziare si mette a raccogliere dei frutti, riempiendo il cesto, gli viene l'acquolina perché si diffonde un buonissimo odore di mele....

Scelte: 6 opzioni immagini / odori (mela, menta, fuoco, sapone, rosa, mare)

Terzo quadro



Ma ancora non è ancora arrivato il momento di mangiare, mentre è l'ora di rasare il prato. E Paperino si mette al tosaerba, ma l'aggeggio gli scappa di mano e il povero papero lo rincorre per tutto il prato mentre in mezzo al verde ed è quasi stordito dall'odore di erba tagliata...

Scelte: 6 opzioni immagini / odori (mela, menta, fuoco, sapone, rosa, mare)

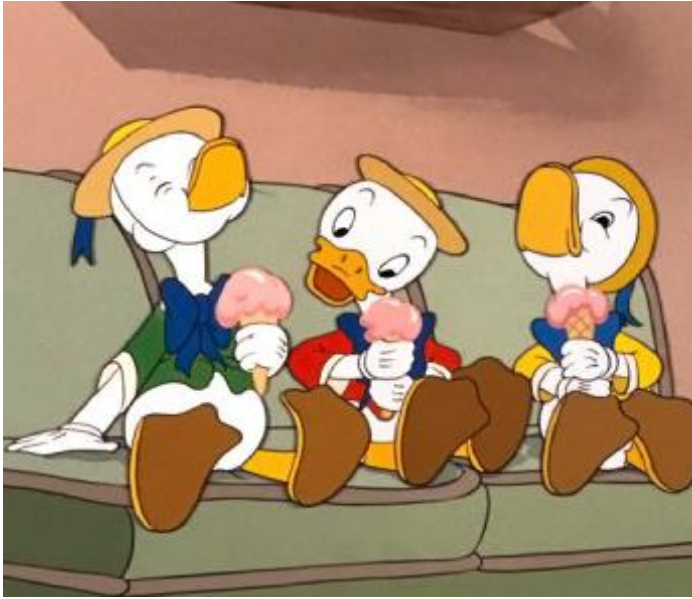
Quarto quadro



Dopo questa pazza rincorsa, Paperino si concede una pausa per mangiare. Accende il fuoco, ma completamente sbadato non si accorge che si appoggiato proprio sul fuoco. Subito si alza il fumo con intenso odore di bruciato...

Scelte: 6 opzioni immagini / odori (mela, menta, fuoco, sapone, rosa, mare)

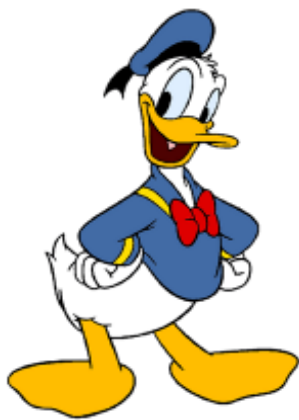
Quinto quadro



Accorrono Qui, Quo e Qua e salvano Paperino buttandogli dell'acqua. Paperino è felicissimo, e per ringraziarli compra a tutti e tre un buon gelato alla fragola.

Scelte: 2 opzioni odori / sapori (ciliegia e amarene)

Sesto quadro



Così si chiude un'avventurosa giornata per Paperino...Fine

Storia di Topolino

Primo quadro



Topolino ha un appuntamento galante Topolina e prima di incontrarla si fa un bel bagno, diffondendo per tutta la casa un bel profumo di sapone... Trovalo l'immagine / odore corrispondente

Scelte: 6 opzioni immagini / odori (odori di mela, menta, fuoco, sapone, rosa, mare)

Secondo Quadro (Solo Touch o Multisensoriale)



Esatto, era proprio l'odore di Sapone. Topolino, finito il bagno si deve preparare e non sa quali scarpe scegliere. Ehi \$VALUE(Kid), perché non scegli le scarpe per Topolino? Scegli le scarpe, mettile su Topolino e poi appoggialo sulla tavoletta.

Scelte: 3 scarpe di tre colori differenti in immagini / in tessuto (rosso, blu, giallo)

Terzo Quadro



Ora che hai scelto le scarpe color \$VALUE(scarpe), Topolino può andare da Topolina. Tutto felice Topolino si presenta da lei con un grande mazzo di rose...

Scelte: 6 opzioni immagini / odori (mela, menta, fuoco, sapone, rosa, mare)

Quarto Quadro



Topolina è felicissima del regalo e i due vanno a passare un po' di tempo in spiaggia. Durante la giornata decidono di fare un tuffo in mare, respirandone tutto il suo odore...

Scelte: 6 opzioni immagini / odori (mela, menta, fuoco, sapone, rosa, mare)

Quinto quadro



Topolina e Topolino passano una giornata bellissima, tra giochi e risate. La passeggiata non può non finire con un buon gelato al gusto di fragola...

Scelte: 2 opzioni immagini / sapori (fragola e amarena)

Sesto quadro



Fine

Storia di Biancaneve

Primo Quadro (Solo modalità touch e multisensoriale)



C'era una volta Biancaneve che doveva andare dai Sette Nani. Prima di andare si deve preparare ma non sa quale gonna scegliere. Ehi \$VALUE(Kid), perché non scegli la gonna per Biancaneve?

Scegli l'immagine/la gonna fisica per Biancaneve.

Scelte: 3 gonne di tre colori differenti (rosso, blu, giallo)

Secondo quadro



C'era una volta Biancaneve, che camminava nel bosco con il suo cesto di mele

Trova l'immagine giusta / l'odore giusto / Vai alla pagina corrispondente

Scelte: 6 opzioni touch / odori / immagini (mela, menta, fuoco, sapone, rosa, mare)

Terzo Quadro



Perfetto! Hai trovato l'immagine della mela. Torniamo alla storia... Quando Biancaneve uscì dal bosco per raggiungere i Sette Nani, si trovò in una bella radura verde e sentì un piacevole odore di erba...

Scelte: 6 opzioni immagini / odori (mela, menta, fuoco, sapone, rosa, mare)

Quarto Quadro



Ottimo! Quello era l'erba. Torniamo all'avventura... Arrivata a casa dei sette nani, li trovò davanti al camino e si mise a raccontare delle storie, mentre il legno scoppiettava alimentando il fuoco.....

Scelte: 6 opzioni immagini / odori (mela, menta, fuoco, sapone, rosa, mare)

Quinto quadro



Era proprio l'immagine del fuoco. Ma rientriamo nella storia...

Giunse l'ora di andare a dormire. Prima di infilarci sotto le coperte, Biancaneve preparò una bibita calda per tutti, preparò la pentola e insieme con i sette Nani gustarono una buona bevanda al gusto di amarene...

Scelte: 2 opzioni immagini / sapori (fragola e amarene)

Sesto quadro



Quello che hai scelto erano proprio le amarene...

E con questo si chiuse la giornata, tutti andarono nel proprio letto facendo sogni d'oro.

Fine

Appendice 2: Risposte per la memorizzazione delle storie

I bambini sono numerati da 1 a 81 e la lettera successiva rappresenta D= Digitale, C= Cartaceo; T= TUIs

SCE LT A	Domanda 1	Domanda 2	Domanda 3	Domanda 4
	Cosa fa Topolino prima di incontrare Topolina?	Cosa mangiano Topolino e Topolina per chiudere la giornata	Cosa regala Topolino a Topolina?	Sai trovare il profumo di Mare?
	Cosa racconta Biancaneve ai Sette Nani arrivata a casa?	Quando è che Biancaneve cucina una bibita calda?	Che gusto aveva la bibita calda?	Dove si trova Biancaneve quando sente un odore di erba?
	Perché a Paperino viene l'acquolina in bocca?	Cosa stordisce Paperino?	Come fa Paperino a bruciarsi?	Chi salva Paperino?
C1	NO	Sette nani tornano a casa	Cioccolato	Vicino alla casa dei sette nani
D1	No	No	No	No
T1	Veste	Gelato alla fragola	Rose	No
T2	Si mette le scarpe	Le fragola	Un cesto di fragola	No
D2	Si mangia le fragole	No	Con il fuoco	Paperino
C2	Un'avventura	No	No	No
D3	No	Il gelato alla fragola	Con il fuoco accedono il fuoco	Topolino
T3	Un fiore	Formaggio	Un fiore	

C3	No	D notte	Thè	Nell'erba
D4	No	Di notte	No	No
C4	No	No	No	No
T4	Si fa il bagno	Un gelato fragola	Un mazzo di rose	No
D5	No	No	Con il fuoco	No
C5	No	Prima andare a dormire	Amarena	Non
T5	No	Un gelato fragola	No	
C6	Una storia	Prima di andare a letto	No	Fuori
T6	Si prepara	UN gelato fragola	No	Si
D6	No	no	No	No
D7	Perché vede le mele	No	Con il fuoco perché acceso il fuoco per sbaglio	No
T7	Si mette il profumo	No	Dei fiori, di rose	Si
C7	No	No	No	No
T8	Si fa il bagno	Il gelato alla fragola	Un mazzo di fiori	No
C8	Una storia	Prima di andare a letto	No	In una foresta
D8	Vede una mela	No	Accede il fuoco perché ha freddo	Il nipote
D9	No	No	Perché deve prendere delle cose	Qui Quo Qua
T9	Lava	No	no	Sbagliato
C9	No	Quando arrivano i sette nani	No	No
T10	Va a casa No	Un gelato alla fragola	Il gelato	Ok
C10	Prepara la torta ai nani	Prima di andare a dormire	Cioccolato	Un prato
D10	Perché ha fame	Fuoco	Perché ha usato il fuoco, sulla coda	No
D11	No	No	Perché No	Topolino
T11	No	No	Dei fiori di rose	No
C11	Prepara la bibita calda per il calda	No	No	No
T12	Si sceglie le scarpette	No	Le rose	No

C12	Le storia vicino al fuoco mentre scoppietta il legno	No	Cose viola rotonde o rosso	Prato
D12	No	No	Con il fuoco no	No, topolino
D13	No	No	Perché stava facendo il fuoco si è seduto e non l'ha visto	No
T13	Va a raccogliere i fiori	Un gelato fragola	Un mazzo di rosa	No
C13	No	No	No	Va in una radura
T14	No	Un gelato fragola	Fiori, rose	No
C14	Cucina	No	No	No
D14	No	No	Con il fuoco	No
C15	Prepara da bere per i nani	No	All'amarena	In giardino
D15	Per le more	No	Con il fuoco perché si avvicina	No
T15	Si fa il bagno	No	Le rose	Ok
T16	Fa il bagno si mette le scarpe	Un gelato alla fragola	No	No
C16	Si prende una bibita calda	Va a dormire	Erbe	Nel giardino
D16	No	No	No	I bambini
D17	No	No	Perché stava mettendo la legna al fuoco	L'acqua
C17	Prepara una tazza di thè	Ha sonno	No	Un giardino
T17	Si veste e si lava	Un gelato fragola	Delle rose	Ok
T18	Si fa un bagno si veste	Gelato fragola	Rose	No
C18	Fa da mangiare	Si mettono a dormire	Marmellata	Nel bosco
D18	Mp	No	No	No
D19	No	No	No	No
T19	Prende le viole	Fanno una passeggiata	No	N
C19	No	No	No	Un prato
D20	No	No	Perché no	No
C20	Prepara da mangiare	Vanno a dormire	Fragola	No
T20	No	No	No	Si
T21	Il bagno, si veste	Una passeggiata, mangiano lo zucchero filato	Rose	Si

D21	Mp	Del regolo di topolino	No	Topolino
C21	Cucina	Si preparano a dormire	Amarena	Nel paese
D22	Perché ha fame	No	Tosaerba va a fuoco	No
T22	Si mette le scarpe,	Gelato alla fragola	Rose	No
C22	No	Tutti vanno a dormire	No	In bosco
C23	Bagno	Il gelato	Rose	Spiaggia
D23	Una storia	Prima di andare a dormire	Amarena	Non lo so
T23	Non lo so	Fuoco	Con il fuoco Accesso per sbaglio	I tre paperini
T24	Ha fame cosa deliziosa	Non lo so	Non sta attento al fuoco	Non lo so
D24	Non lo so	Prima di andare a letto	Frutto rosso non ricorda	Nel prato
C24	Doccia Bagno	Gelato	Fiori rose	Spiaggia
D25	Non lo ricordo	Non lo ricordo	Cioccolata	Non lo ricordo
T25	Ha fame non ricordo	Non lo so	Con il fuoco non lo sa	Topolino
C25	Mazzo di fiori si lava	Non lo so	Fiori margherite	Non lo so
D26	Non lo ricordo	Non lo ricordo	Non lo ricordo	Nella foresta
C26	Gli porta una rosa	Un gelato	Non ricordo	Nella spiaggia
T26	Fame	Non lo so	Non lo ricordo	Non lo ricordo
D27	Non lo ricordo	Non lo ricordo	Amarena	Non lo ricordo
C27	Si lava,	Un gelato	Mazzo di rose	Mare
T27	Non lo ricordo	Non lo ricordo	Accendo il fuoco non ricordo	Non lo ricordo
C28	Porta le rose	Non lo ricorda	Rose	Spiaggia
T28	Profumo di mele	Taglia l'erba	Si siede al camino	Non lo ricordo
D28	No	Prima di andare a dormire	Ciliege	Casa
D29	Non	La sera	Fragola NO	No
T29	Fame odore di mele	Dal fuoco	Si siede sul fuoco	Non mi ricS
C29	SI lava con il sapone	Un gelato fragola	Rose	Mare
T30	No	No	No	No
C30	Gli da delle rose	Non lo ricordo	Le rose	Non
D30	No	No	No	No
D31	Non	No	No	Sul prato
T31	No	Odore bruciato di	Non ha visto la fiamma	Un anatroccolo con il tubo dei pompieri

C31	Si prepara porta delle rose	Le fragole	Le rose	Sul prato
T32	Ha fame Odore di mela	No	Con il fuoco, vuole friggere le polpette e si è seduto	I vigili del fuoco
C32	Si lava, spazzola	Delle mele	Non	Al mare
D32	No	Sera	Cioccolato	Nel giardino
D33	La storia	Quando Sta a casa dei sette nani	Mela Fragola	Bosco
T33	Vede qualcosa che gli piace	No	Dal forno si brucia il sedere anche il piede	Non lo ricordo
C 33	Si mette il profumo	Un dolce pan di spagna	Un mazzo di rose	No
T34	Nono	Odore di erba	Con il fuoco no	No
C34	Il bagno	Il gelato alla fragola	Un mazzo di rose	Spiaggia
D34	Non lo so	Prima di andare a letto	Nome strano	Non lo ricorsi
D35	No	Prima di andare a dormire	Sapore di Fragola no	In un prato
T35	No	No	Con il fuoco	No
C35	Non	No	Rose	Mare
T36	Fame, NO	No	Troppo vicino immagine	Qui quo qua
C36	Va comprare i mazzi di fiori	Gelato ciliegia	Rose	Parco
D36	Che lei no	Quando sono andati a dormire	Menta	Bosco
C37	No	Un gelato fragola	Fiore rosa	Non ricordo
D37	Una storia	Prima di andare di andare a dormire	Ciliege	Non ricordo
T37	No	No	No	Topolino
T38	No	Rasa l'erba	Si brucia perché per sbaglio viene verso il fuoco	I suoi fratelli
C38	No	Gelato fragola	Rose	Spiaggia
D38	Non	DI sera	Ciliegia	Giardino
D39	No	A pranzo	Gusto di non ricordo il nome	Nel prato
C39	Bagno	Non	Rose	Spiaggia
T39	Ha visto la frutta, mirtilli	Dal fuoco	Seduto sul fuoco	Non ricordo
T40	No	No	SI siede sul fuoco	No

C40	Prende le rose	Fragole	Arcobaleno	Montagna
D40	Pinocchio	Pranzo	Cocacola caffè	Erba
D41	La giornata	Prima di andare a letto	Ciliege	Prato
T41	Sente l'odore delle mele	Aggrappato al tagliaerba	Seduto sul fuoco per sbaglio	I nipoti
C41	Lava	Fragole	Rose	No
D42	Una storia	Non	Mele	Prato
C42	Mette delle mele	Spiaggia	Rose	Spiaggia
T42	Fame	No	Acceso il fuoco si è messo per sbaglio il fuoco	I nipotini
T43	Odore delle mele	No	Aveva acceso il fuoco e si seduto	I tre nipoti
D43	Si lava	Gelato No gusto	Rose	Prato
C43	No	Quando è sera	No	Nel prato
D44	Non lo ricordo	Un gelato alla fragola	Una rosa	Non lo ricordo
T44	Una storia	Non lo ricordo	Non	Sul prato
C44	Profumo di fragola	Non lo ricordo	Con il fuoco, Non si accorge	Topolina
C45	No	No	Perché c'era il fuoco	Qui quo e qua
D45	Il bagno	Le fragola	Non ricordo	sull'erba
T45	Non lo ricordo	Quando va a casa dei sette nati	Non lo ricordo	Non lo ricordo
C46	Vede la frutta Anguria Pesca e mela	Tosaerba che si era rotta	Si è seduto sul fuoco	Qui quo e qua
T46	Non lo ricordo	Prima di andare a dormire	Amarena	In una radura
D46	Si lava	Non lo ricordo	Rose	Non lo ricordo
C47	Raccogliendo le mele	Dal fuoco	Non lo ricordo	Qui quo e qua
D47	Raccoglie un mazzo di rose	Non lo ricordo	Mazzo di fiori rose	Non lo ricordo
T47	Non lo ricordo	Non lo ricordo	Non lo ricordo	Un giardino
T48	Non lo ricordo	Quando pranzano	Amarena	Un giardino
C48	Perché gli piace il gelato	Non lo ricordo	Perché si è seduto sul fuoco	Qui quo e qua
D48	Un bagno	Si prendendo un gelato alla fragola	Una rosa	In spiaggia
D49	Prende i fiori sceglie le scarpe giuste	Non lo ricordo	I fiori, rose	In un bosco

C49	Perché non ha mangiato	Non ricordo	Perché si è seduto sul fuoco	Qui quo e qua
T49	Mangiano la zuppa e vanno una storia	Quando ritornano le a casa la zuppa vanno a letto	Non lo ricordo	Nel prato
D50	Si prepara, si prende delle rose, si decide le scarpe	Il gelato, fragola	Un mazzo di rose	Alla spiaggia
T50	Non ricordo	Prima di andare a dormire	Amarene	Nel bosco
C50	Perché vede le mele	Perché insegue il tosaerba	Perché per sbaglio va sul fuoco	L'acqua, non lo ricordo
C51	Perché vede delle mele buone	Fa il tosaerba lo rincorre	Perché si appoggia al fuoco senza accorgersene	Qui quo e qua
D51	UN doccia	Un gelato alla fragola	Un mazzo di rose	Non lo ricordo
T51	Una storia	Dopo aver acceso il fuco	Amarene	Nella casa dei sette nani
C52	Non ricordo	Perché non ricorda per le fiamme	Non	Qui quo e qua
T52	Non lo ricordo	Dopo che i sette nani vanno a dormire	Amarena	Al prato
D52	Non lo ricordo	No	Un fiore,	Al mare
C53	Non	Non	Perché si è chinato sul fuoco	Qui quo e qua
D53	Non lo ricordo	Un gelato alla fragola	Dei fiori, no fiori	In spiaggia
T53	Non lo ricordo	Non lo ricordo	Erbe	Non lo ricordo
T54	No	Quando stanno davanti al fuoco	Amarena	Nel bosco
C54	Non ricordo	Con il tagliaerba	No	Qui quo e qua
D54	Da il mazzo di fiori	Il gelato fragola	I fiori, no tipo	Non ricorda
T55	Si fa il bagno	Non lo ricordo	Non lo ricordo	Spiaggia
C55	Non lo ricordo	Di sera	Non ricordo	Non lo ricordo
D55	Non mi ricordo	Non lo ricordi	Non lo ricordo	Non lo ricordo
D56	Non lo ricordo	Mattina	Cioccolata	Prato
T56	Vede qualcosa di delizioso	Non lo ricordo	Con il fuoco, lui accende il fuoco per sbaglio	I tre paperotti
C56	Prende dei fiori	Mangiano gelato gusto cioccolato	Non ricordo	AL mare

T57	Un bagno	Non ricordo	UN fiore, margherita	Al mare
D57	Non ricordo	La sera,	Non lo ricordo	Non lo ricordo
C57	Non	Non ricordo	Toccato il fuoco	Topolina
D58	No	No	No	No
T58	SI fa la doccia	Un gelato alla fragola	Mazzo di fiori, rose	Al giardino
C58	Non	Non ricordo	Incendio, Benzina	Non
C59	Il bagno	Il gelato alla fragola	No	Spiaggia
D59	Una storia	No	Non	Bosco
T59	Vuole mangiare le mele	No	Stava mettendo la pentola e si è bruciato la coda	Non lo ricordo
D60	No	No	No	No
T60	No	No	Rosa	No
C60	No	Prima di andare a dormire	No	No
C61	Raccoglie le mele	Non	Con il fuoco non ricordo	Qui quo qua
T61	Non	La sera	Amarena	Prato
D61	Si lava	Il gelato alla fragola	La rosa	Parco
D62	No	Arrivava dai sette nani	Gusto mela	In un bosco
C62	Prende delle rose	Mele	Un fiore, una rosa	Al mare
T62	Perché sentiva l'odore di fragola	No	Con una mela infuocata	Topolina
D63	Si veste si fa il bagnetto e si sceglie le scarpe	Non lo ricordo	Una rosa	Non lo ricordo
T63	Non ricordo	Il pomeriggio	Cioccolato	Al prato
C63	Perché raccoglie le mele	Tagliaerba corre	Con il fuoco si siede sul fuoco,	Qui quo e qua
T64	No	Di sera,	Amarena	Non
D64	Compra i fiori	Non ricorda	Un mazzo di rose	Non ricorda
C64	Perché in fame	Bo	Con il fuoco, accede il camino e si brucio	Qui quo e qua
T65	Bagno	Il gelato fragola	Fiore rosa	Mare
C65	No	No	No	Prato
D65	Mp	No	No	No
C66	Sta prendendo dei frutti fragole	Dal fuoco	Non si accorge	Qui quo qua
D66	Si mette un profumo e sceglie le scarpe	Il gelato fragola	Fiori, rose	Un parco
T66	No	Quando sta con i sette nani, prima	Limone	Prato

		di andare a dormire		
T67	Si è vestito	Un gelato	Un mazzo di fiori, rose	Mare
D67	No	Per i sette nani	Fragola	Nel Bosco
C67	Così fa una cena	Il tagliaerba	Con il fuoco	Paperina
C68	Perché stava raccogliendo le mele	Il tagliaerba	Perché si sta scaldando sopra il fuoco	Qui quo e qua
D68	Si prepara	Un bel gelato	Delle rose	Al parco
T68	Delle storie	Di sera	No	Nell'erba
C69	Perché ha visto le mele	No	Si siede sul fuoco	No
T69	No	No	Di amarena	No
D69	Si mette le scarpe	No	I fiori, rose	Al mare
C70	Perché sente l'odore di mele	No	Con il fuoco	Qui quo e qua
D70	Si veste e si lava	Un gelato alla fragola	Delle rose	Al mare
T70	Delle favole	Quando vanno a dormire	Sapeva di fragola	Vicino al pozzo
T71	Una storia	Quando gli racconta una storia	All'amarena	In mezzo al bosco
C71	Perché qui quo e qua mangiano il gelato	Quando il tosaerba parte e lui si attacca	Perché poi per rilassarsi fa un fuoco e sbadata non si accorge di star seduto sul fuoco	Qui quo e qua
D71	Fa il bagno	Un gelato alla fragola	Un mazzo di rose	Sulla spiaggia
D72	Dorme	Il pollo	Un fuoco	Al ristorante
C72	Perché è stordito	La mela	Senza accorgerne con il fuoco	Paperina
T72	Le cose della strega	Dopodomani	Arancia	Fuori
D73	Si salutano	Un formaggio	Un fiocco	A casa di topolino
T73	Come sta a casa sua e come si sente nel villaggio	Vede qualcosa che gli piace moltissimo	Con il caldo	Topolino e Topolina
C74	Perché raccoglie le mele	No	Si brucia perché non si accorge del fuoco	Qui quo e qua
D74	Compra un gelato ai cugini	Le mele	No	A casa

T74	Che una regina cattiva la inseguiva	Quando sente un profumo di bruciato	Di infusi all'amarena	Nel giardino
C75	Perché ha comprato un gelato alla fragola	La macchinetta	Perché paperino rincorre la macchinetta e si brucia	Qui quo e qua
T75	Che la sua matrigna voleva ucciderla	Quando sente l'odore di erba	Amarena	Nel bosco
D75	Si veste	Un gelato alla fragola	Delle rose	In un giardino
D76	Perché aveva fame e ha visto un albero e preso delle mele	No	Con un bastoncino di legno	Topolino
T76	Si stava provando le scarpe	Un gelato alla fragola	No	In un parco
C76	No	Prima di mettersi sotto le coperte	No	In casa
D77	No	Quando i nani arrivano a casa	Per una zuppa	No
T77	Perché ha fame	No	Con il fuoco	No
C77	Prende le rose	Il gelato alla fragola	Le rose	Sul prato
T78	Fa il bagno con la saponetta	Un gelato alla fragola	Un mazzo di rose	Al mare
C78	Che ha preparato da mangiare	La sera	Alle fragole	Nel prato
D78	No	Con il fuoco	Con un ramo	No
T79	No	Quando arrivano a casa i nani	No	Nel bosco
C79	Perché sente l'odore di mele	No	Si siede sul fuoco	Qui, Quo e Qua
D79	Si lava con il sapone	Gelato alla fragola	Mazzo di rose	Mare
D80	No	Gelato alla fragola	Rose	In spiaggi
C80	No	No	No	No
T80	No	No	Con il fuoco	No
D81	No	No	Arancia	No
C81	Si fa il bagno	Gelato alla fragola	Una rosa	Al parco
T81	Perché aveva fame	Una puzza colazione	Con fuoco nella foresta	Pompieri