



**UNIVERSITÀ DI PISA**

**Corso di Laurea in Informatica Umanistica**

*RELAZIONE*

*Training computerizzato della Working Memory nei  
bambini attraverso il video gaming*

**Candidato**

*Luciana Latorraca*

**Relatori**

*Dott.ssa Susanna Pelagatti*

*Dott.ssa Caterina Senette*

Anno Accademico 2016-2017



*A Gabriele e Emanuela*



## INDICE

INTRODUZIONE .....	6
1. LA MEMORIA DI LAVORO .....	11
2.1 La Definizione .....	11
2.2 Le Componenti .....	12
2.3 Funzioni e Disfunzioni.....	15
2. TRAINING DELLA MEMORIA DI LAVORO.....	17
2.1 Interventi di Potenziamento della Memoria di Lavoro.....	17
2.2 Efficacia del Training della Memoria di Lavoro .....	19
2.3 Stato dell'arte.....	23
2.4 Tecnologie Assistive e Serious Games .....	26
2.5 Ruolo del mio progetto in questo contesto .....	28
3. IDEA E OBIETTIVI GENERALI.....	31
3.1 I Giochi .....	31
3.2 L'interfaccia di controllo .....	33
3.3 Scelta dell'Applicazione Web .....	33
3.2 Target Utente .....	34
3.3 Trama del Serious Game.....	36
4. ANALISI DEI REQUISITI .....	39
4.1 Requisiti non Funzionanti .....	39
4.1.1 Requisiti di Usabilità .....	39
4.1.2 Requisiti di Accessibilità .....	41
4.2 Requisiti funzionali.....	41

4.3 Casi d'uso .....	44
5.STRUTTURA DELL'APPLICAZIONE WEB.....	49
5.1. L'architettura Web Three-Tier.....	49
5.2. Base di dati (livello dati).....	50
5.2.1. Modello Concettuale.....	50
5.2.2. Modello Logico Relazionale.....	52
5.2.3 Strumenti utilizzati per la realizzazione del livello dati .....	53
5.3 Livello Logico.....	57
5.3.1 Strumenti utilizzati per la realizzazione del livello .....	57
5.4 Implementazione e Descrizione GUIs (Graphical User Interfaces) .....	59
5.3.1 Strumenti utilizzati per la realizzazione delle interfacce .....	65
CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI.....	67
BIBLIOGRAFIA .....	69

## INTRODUZIONE

Sarà capitato a tutti di chiedere informazioni stradali e subito dopo non ricordare in che direzione svoltare, oppure controllare continuamente sulla ricetta il procedimento da seguire per cucinare un dolce.

In questi casi è coinvolta la così detta memoria di lavoro (ML) o working memory. La ML svolge un ruolo fondamentale nel mantenere ed elaborare informazioni temporaneamente. Non si tratta, dunque, di immagazzinare in modo passivo le informazioni ma di manipolare attivamente quelle presenti nella memoria a breve termine, richiamando, se necessario, concetti già presenti nella memoria a lungo termine.

Questo tipo di memoria è coinvolta in molte delle nostre attività quotidiane e, in modo particolare, la ML è implicata nella maggioranza delle attività scolastiche (calcoli aritmetici, processo di letto-scrittura e comprensione verbale). Per tale ragione è importante valutare il corretto funzionamento della memoria di lavoro, soprattutto in soggetti con deficit cognitivi. Infatti, tale memoria può risultare deficitaria in soggetti con disturbi specifici dell'apprendimento e/o difficoltà attentive e comportamentali (es: sindrome di iperattività e deficit dell'attenzione).

A seguito della valutazione della letteratura esistente, avente come oggetto il lavoro dei ricercatori sul potenziamento della memoria di lavoro, questo progetto di tesi si pone l'obiettivo di realizzare uno strumento software che supporti il training cognitivo per allenare e migliorare la memoria di lavoro.

Partendo dal concetto più generale di Memoria, capacità del cervello di conservare informazioni nel breve e nel lungo tempo secondo processi di codifica, immagazzinamento e recupero di informazioni, definiamo la memoria di lavoro come la capacità di mantenere in mente e manipolare informazioni per un breve periodo di tempo. Si tratta di una capacità limitata. Generalmente siamo capaci di ricordare 6/7 elementi intesi come unità di informazioni non correlate (es: il numero 1437 è considerato da nostro cervello come unico

elemento mentre 1-43-7 è considerato come costituito da 3 elementi). La memoria di lavoro si sviluppa dai 4 ai 15 anni e nei casi più comuni passa da 3 elementi a 7 e da 2 a 4/5 nel ricordare elementi al contrario. Secondo il modello messo a punto dallo studioso Baddeley la memoria di lavoro, componente della memoria a breve termine, è composta a sua volta da 4 sottoinsiemi.

La memoria di lavoro, che varia da individuo a individuo e da situazione a situazione (forti emozioni, distrazione, interferenze), è coinvolta nelle nostre azioni quotidiane. Ad esempio utilizziamo la nostra memoria di lavoro per trattenere informazioni stradali, ripetere parole straniere, ricordare la lista della spesa, fare un calcolo a mente o ancora eseguire un ricetta. Il potenziamento della memoria di lavoro sarebbe di giovamento per molte persone, il progetto qui descritto è rivolto in particolare a soggetti con particolari carenze riferite alla memoria di lavoro ma può essere usato da tutti. I deficit di memoria di lavoro sono collegati a difficoltà nel fissare il rapporto fra lettere e suoni, rendendo difficile il processo di letto-scrittura. Portare a termine un compito di lettura richiede un sovraccarico della memoria fonologia per la codifica dei fonemi che implica una difficoltà nella comprensione del significato. La memoria di lavoro è un fattore chiave anche per i processi di elaborazione numerica come calcoli, risultati parziali, riporti e tabellina. Le conseguenze principali dei deficit di memoria di lavoro sono la perdita di attenzione e il cosiddetto *mind wandering* ovvero attenzione verso stimoli scollegati dal contesto. Nei soggetti giovani questo è risultato collegato a scarsa interazione sociale e difficoltà a relazionarsi con i coetanei oltre che a una riduzione della propria autostima. Un altro ruolo determinante, la working memory lo assolve nell'organizzare le attività da svolgere e riuscire a portarle a termine. Tali difficoltà sono evidenziate nei disturbi specifici dell'apprendimento, nella sindrome di deficit dell'attenzione e iperattività, nella sindrome di Down, ma si possono presentare anche, con l'avanzare degli anni, in soggetti normo-tipici allorché si verifica una perdita progressiva della memoria di lavoro. È stato evidenziato che la memoria di lavoro può essere potenziata grazie a training mirati. In modo particolare, negli ultimi anni, grazie alla maggior disponibilità delle nuove tecnologie si è studiata l'efficacia di training computerizzati. Il dipartimento di psicologia dell'University of North Florida ha condotto uno studio su 94 studenti che hanno allenato la memoria di lavoro con un gioco online



(jungle memory) e hanno evidenziato dei miglioramenti in alcuni ambiti relativi alle abilità cognitive. Studi simili in soggetti affetti da sindrome di Down sono stati svolti dal dipartimento di psicologia dell'Università di Portsmouth con risultati analoghi.

L'Università di Amsterdam ha invece focalizzato la sua attenzione sul ruolo degli elementi di gioco all'interno dei software di training. In un suo studio sono stati sottoposti al test 51 bambini con sindrome di iperattività, in seguito il campione è stato diviso in due gruppi. La prima metà ha effettuato un training computerizzato senza elementi di gioco, la seconda invece ha avuto modo di allenarsi con un gioco a tutti gli effetti con punteggio premi e obiettivo. Lo studio ha rilevato una maggior efficienza dei training percepito dal bambino come un vero e proprio game.

Considerando questi ed altri studi sul campo è nata l'idea di realizzare un'applicazione web che sfrutta il gioco allo scopo di potenziare la memoria di lavoro specialmente nei più piccoli.

Il progetto di tesi è da inquadrarsi in un'ottica di continuità rispetto all'attività svolta durante il tirocinio formativo previsto dal corso di studi. Rispetto agli obiettivi del percorso di tirocinio si è allargato l'obiettivo al fine di comprendere la realizzazione di un'applicazione web che gestisce adeguatamente l'accesso degli utenti e propone loro alcuni giochi accompagnando la loro esecuzione e registrando l'attività svolta.

Il singolo elemento di gioco è composto (come accade spesso in ambienti di training di questo tipo) da una griglia di elementi 3x3 interattiva e proposta al bambino con una grafica che ne attiri l'attenzione. La stessa logica di gioco è usata in più istanze di gioco con grafiche diverse in modo tale da diversificare il contesto e creare un percorso in cui i singoli elementi permettono di raggiungere lo scopo finale del gioco definito dalla trama. Ogni istanza di gioco prevede livelli di avanzamento progressivi. L'applicazione realizzata in HTML, Javascript e PHP poggia su una base di dati utile a immagazzinare e gestire i dati relativi al training di ogni singolo utente. Inoltre è prevista una sezione dedicata al tutor che può così accedere ai dati raccolti. Come descritto nella sezione dedicata al gioco si è posta attenzione a diversi elementi, file audio, messaggi vocali oltreché stimoli visivi per accompagnare al meglio l'utente nell'esecuzione del gioco.

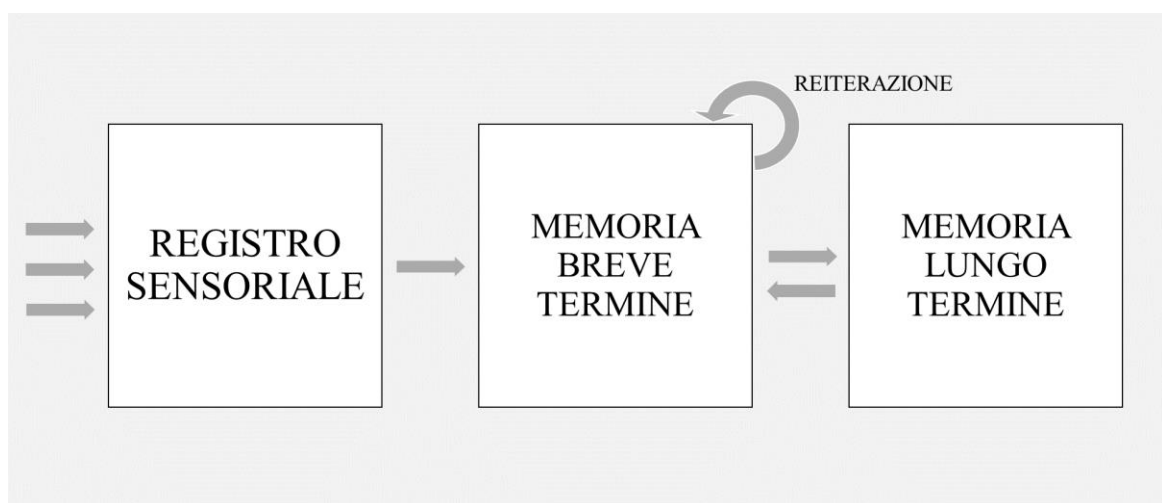




# 1.LA MEMORIA DI LAVORO

## 2.1 La Definizione

La memoria è la capacità degli esseri viventi di conservare informazioni per poterle in seguito recuperare e riconoscere (Changeux, 1988). I primi scienziati impegnati a studiare la memoria, cercarono di descriverla come un singolo processo unitario. Successivamente gli psicologi proposero modelli relativi a specifici aspetti della memoria, arrivando così a definire teorie multi-processo costituite da sistemi interconnessi. Richard Atkinson e Richard Shiffrin nel 1971 designarono uno dei primi modelli multi-processo, basato su un sistema di elaborazione sequenziale. Il loro modello si compone di tre stadi; un registro sensoriale nel quale sono trattenute le informazioni provenienti dagli organi di senso; una memoria a breve termine (MBT) a capacità limitata che può contenere sette più o meno due elementi (Miller, 1956) e una memoria a lungo termine (MLT) capace di ritenere informazioni per periodi molto lunghi. In questo modello le informazioni sono trasferite in modo ordinato da uno stadio all'altro. Ogni stadio riceve input che trasforma in output, che saranno input per lo stadio successivo (Anolli & Legrenzi , 2012).



*Figura 1* Modello di memoria multi-processo di Atkinson e Shiffrin

Il modello sequenziale appena descritto implica che soggetti con danni cerebrali a carico della MBT abbiano problemi anche nell'apprendimento a lungo termine, evento non supportato sul piano empirico. A questo proposito è stato introdotto da Baddeley e Hitch il concetto di memoria di lavoro (ML). In contrasto al modello di Atkinson e Shiffrin la MBT non è considerata una stazione di passaggio ma un'area destinata ad attività complesse quali la coordinazione, integrazione e la manipolazione delle informazioni provenienti dall'esterno. Dunque il concetto di MBT deve essere aggiornato e integrato, se non sostituito, con quello di memoria di lavoro, ossia "un sistema per il mantenimento temporaneo e per la manipolazione dell'informazione durante l'esecuzione di differenti compiti cognitivi, come la comprensione, l'apprendimento e il ragionamento" (Baddeley A. , 1986). Non c'è una chiara distinzione tra le teorizzazioni sulla ML e il concetto più comunemente diffuso di MBT. Spesso i libri di testo si contraddicono e in alcuni casi, erroneamente, i due termini sono usati come sinonimi. Con il termine MBT si fa riferimento a quella parte di memoria che ci consente di trattenere informazioni per poco tempo in cui non è presente un sistema di controllo. Si tratta dunque di un struttura volta ad archiviare i dati passivamente. Mentre quando si parla di ML si indica una complesso che immagazzina e processa le informazioni, strettamente collegato con l'apprendimento e con i processi cognitivi. Il sistema cognitivo, in altre parole, invia le informazioni dalle componenti della ML che le utilizza in simultanea con le informazioni contenute nella MLT, al fine di stabilire la risposta da produrre. Nel paragrafo che segue saranno illustrati le componenti della ML e le loro funzioni.

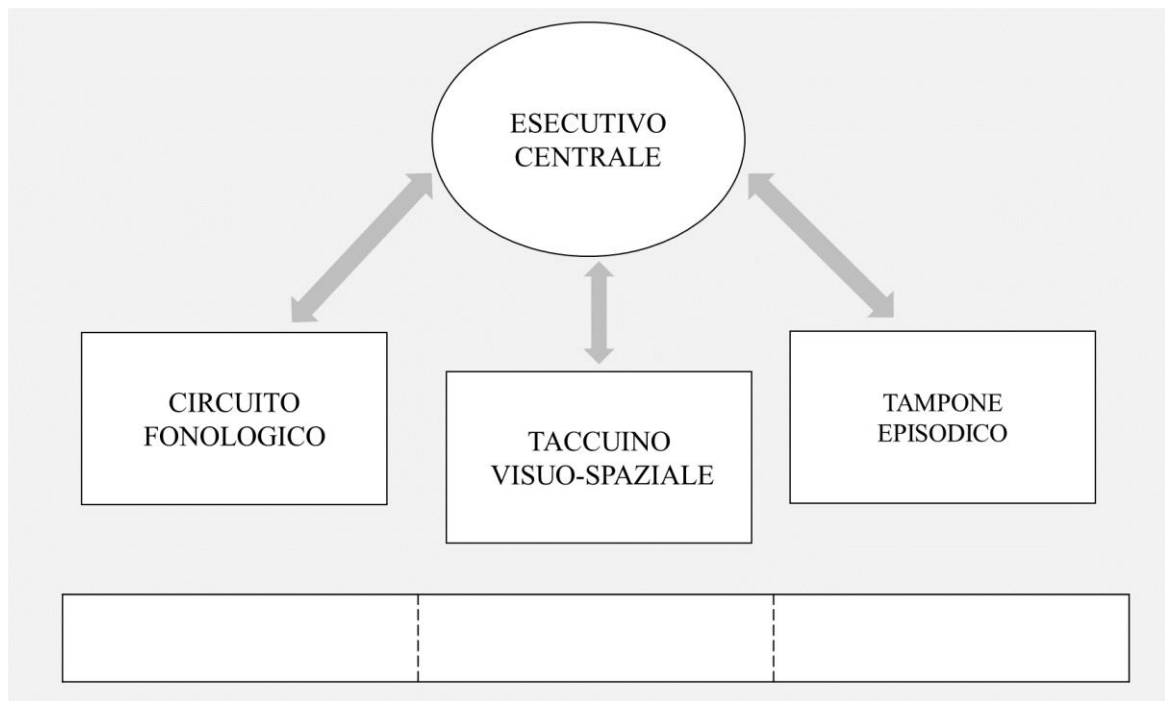
## **2.2 Le Componenti**

La ML è un sistema multi-componente che si occupa di elaborare le informazioni ed è implicato in molti compiti cognitivi complessi. Il modello descritto da Baddeley, nella sua versione più recente, prevede quattro sottosistemi indipendenti:

- a) L'**esecutivo centrale** (*central executive*) è il componente più importante ma anche il meno studiato e il meno compreso. Si tratta di un elaboratore principale in grado di controllare e regolare i processi cognitivi. Svolge attività di coordinamento dei sottosistemi, collega le informazioni che essi gli forniscono. È capace di gestire l'attenzione selettiva e l'inibizione (Baddeley , Emsile, Kolodny, & Ducan, 1998). Inoltre è in grado di attivare temporaneamente la MLT. La capacità di selezionare strategie e di integrare informazioni di diversa natura portano Baddeley a ritenere che l'esecutivo centrale sia più simile ad un sistema attentivo che a un magazzino di memoria.
- b) Il **circuito fonologico** (*phonological loop*) è considerato un magazzino a capacità limitata per la conservazione delle informazioni di natura verbale (Baddeley A. , 1986). Interessa quindi la sfera del parlato e mantiene l'ordine in cui le parole vengono emesse. Esso si organizza in due sotto-componenti: (i) un magazzino fonologico capace di trattenere gli input acustici per pochi secondi; (ii) il sistema articolatorio che ha il compito di ripetizione degli input a livello subvocale, dunque mantiene viva l'informazione grazie ad un ripasso della stessa. Se passati circa 2 secondi la ripetizione viene interrotta e le informazioni non possono più essere recuperate. Le possibilità di ricordare o meno una serie di parole varia anche a seconda delle loro caratteristiche, a questo proposito sono stati evidenziati diversi fenomeni come: l'effetto della *similarità fonologica* (si ricordano meglio le parole fonologicamente diverse), l'effetto della *lunghezza delle parole* (sequenze di parole lunghe sono ricordate con maggiori difficoltà), l'effetto della *soppressione articolatoria* (è difficile ricordare delle informazioni mentre si pronunciano ad alta voce e in modo continuo parole anche irrilevanti).
- c) Il **taccuino visuo-spaziale** (*visuospatial sketchpad*) è un sottosistema con il compito di immagazzinare e trattare informazioni visive e spaziali. È costituito da un nascondiglio visivo che conserva le informazioni riguardanti le forme e i colori,

e dallo scrivano interno che si occupa di reiterare le informazioni riguardanti lo spazio e i movimenti.

- d) Il **tampone episodico** (*episodic buffer*) in origine era pensato come un costituente dell'esecutivo centrale, solo negli anni 2000 Baddeley lo aggiunge come quarto componente della ML (Baddeley A. D., 2000). Anch'esso ha capacità limitata, collega le informazioni visive, spaziali e verbali traducendole in un unico codice e disponendole in ordine cronologico (rappresentazione episodica).



**Figura 2** Memoria di Lavoro: Il modello di Baddeley e Hitch

Questo spazio a capacità limitata, e destinato alla conservazione e alla manipolazione delle informazioni, può essere paragonato alla RAM del pc. Questa metafora, utilizzata da L.Anolli e P.Legrenzi nel loro libro *Psicologia Generale*, offre una chiave di lettura semplificata. Così come un computer è suddiviso in Hard Disk, che mantiene informazioni

i modo permanente, e RAM che permette di attivare nuovamente i file depositati sul hard disk in un dato momento, così la nostra memoria è divisa in memoria a lungo termine e memoria di lavoro. La ML, come la RAM, più è estesa e più è capace di far “girare” un certo numero di “programmi” contemporaneamente.

## 2.3 Funzioni e Disfunzioni

Come già detto nei paragrafi precedenti la ML ha funzioni importanti, implicate dello svolgimento della maggior parte delle nostre attività quotidiane. La risoluzione di problemi, la valutazione di potenziali esiti, il ragionamento e il linguaggio sono alcune delle attività che svolgiamo supportati dalla nostra ML. Il suo ruolo è quindi fondamentale. In altre parole utilizziamo la ML per leggere, scrivere, conversare, fare un calcolo a mente ed seguire indicazioni suddivise in più fasi (indicazioni stradali o ricette di cucina). Essa inoltre è strettamente collegata con l'apprendimento ed è direttamente proporzionale al rendimento scolastico. Più la capacità della ML è grande più saranno alte le nostre abilità mentali. La capacità (span) della ML è la quantità di informazioni a cui possiamo accedere in un dato istante. Per valutare l'estensione della ML, gli studiosi hanno messo a punto numerosi test che negli anni hanno premesso di evidenziare legami tra il suo funzionamento e determinati processi cognitivi o anche di evidenziare una ML debole in soggetti con disturbi e patologie. I test utilizzati per valutare la capacità della ML sono in parte uguali a quelli utilizzati per la MBT. Ad esempio il test noto come *span di cifre* è frequentemente utilizzato. Si tratta di ripetere nel medesimo ordine una serie di cifre precedentemente ascoltata.

La volatilità di questa memoria può essere valutata attraverso il *compito di Brown-Peterson*. Ai pazienti sottoposti a questo test vengono mostrate tre consonanti da ricordare, per impedire loro qualsiasi tipo di reiterazione gli viene chiesto di contare da 100 a 3. Sono chiamati a ricordare le consonanti a diversi intervalli di tempo. A distanza di 6 secondi il ricordo è pari al 50% e a distanza di 18 è praticamente nullo. Più simili a quest'ultimo sono



i test pensati per valutare la capacità della ML. Il più noto è il *Listening Span Test*<sup>1</sup> nel quale lo specialista pronuncia delle frasi che possono essere vere o false e il paziente deve controllare la veridicità della frase e ricordare l'ultima parola. Sulla base di questi ed altri test i ricercatori hanno evidenziato come in alcuni casi esiste un collegamento tra patologie più o meno gravi e memoria di lavoro. L'Università di Padova, in collaborazione con il Frostig Center di Pasadena, USA ha evidenziato una correlazione tra la Sindrome di Down (SD) e la ML (Lanfanchi, Jerman, Dal Pont, Alberti, & Vianello, 2010). Lo studio è stato condotto su 15 adolescenti con SD e 15 normo-tipici, dai test che i partecipanti hanno svolto è emerso che i soggetti con SD hanno raggiunto punteggi più bassi nei task sulla memoria di lavoro. Anche nei soggetti con sindrome da deficit di attenzione e iperattività è stata studiata una simile connessione. Il dipartimento di neuro-pediatria del Karolinska Institute a Stoccolma ha analizzato 80 ragazzi (età media 11,4 anni) di cui 27 con Disturbo da Deficit di Attenzione e Iperattività (ADHD) (Westerberg, Hirvikoski, Forsberg, & Klingberg, 2004). I risultati portano a pensare che i deficit nella ML siano una componente principale dell'ADHD. Una ML inefficiente comporta difficoltà nel mantenere viva l'attenzione. Giacomo Stella<sup>2</sup> nei suoi seminari evidenzia come molte delle difficoltà in soggetti con disturbi specifici dell'apprendimento (DSA) siano legate alla memoria di lavoro. Infatti essa è fondamentale nel processo di letto-scrittura, nella traduzione di suoni in immagini o viceversa, tutte funzionalità possibili grazie al recupero immediato di informazioni già presenti nella MLT.

Svolgere le attività in completa autonomia spesso è difficoltoso per i soggetti con DSA proprio per la ridotta velocità di recupero informazioni utili in quel momento. Queste sono le correlazioni ad oggi maggiormente studiate ma non le uniche. D'altra parte la maggiore o minore capacità a livello della ML di lavoro riguarda tutti e non solo i soggetti deficitari, si può avere una ML di lavoro debole e non presentare nessuna condizione morbosa.

---

<sup>1</sup> Taratura italiana per le scuole elementare di Palladino, 2005

<sup>2</sup> Direttore scientifico dell'Istituto di Ricerca Dislessia Evolutiva (IRIDE) dell'Università di Modena e Reggio Emilia, dell'Università di Urbino e dell'ASL di Pesaro, è direttore dei corsi di perfezionamento in Psicopatologia dell'apprendimento (presso l'Università di Urbino) e in Psicopatologia dello sviluppo (presso l'Università della Repubblica di San Marino). È anche direttore del centro di Neuropsicologia clinica dell'età evolutiva dell'Università di Urbino e condirettore della rivista «Dislessia. Giornale italiano di ricerca clinica e applicativa», edito da Erickson.

## 2. TRAINING DELLA MEMORIA DI LAVORO

Considerato lo stretto rapporto tra ML e funzioni cognitive complesse, negli ultimi anni si è posta maggiore attenzione alla progettazione di interventi volti a migliorarne la prestazione. In aggiunta a questo obiettivo c'è quello, non secondario, di ottenere effetti anche in abilità in cui la ML è implicata direttamente o indirettamente. In seguito all'intervento di potenziamento, ci si aspetta di riscontrare miglioramenti sia dell'abilità direttamente trattata sia in quelle che la coinvolgono (Barnett & Ceci, 2002). Dunque si attendono miglioramenti anche in prove diverse rispetto a quelle utilizzate durante le esercitazioni. Inoltre sarebbe auspicabile riscontrare effetti in abilità connesse alla ML (es. calcolo matematico e linguaggio).

### 2.1 Interventi di Potenziamento della Memoria di Lavoro

E' possibile distinguere due diverse categorie di intervento per il potenziamento della memoria di lavoro:

- I *training strategici* atti ad aumentare la quantità di informazioni ricordate attraverso l'insegnamento di strategie di memoria dominio-specifiche<sup>3</sup> (McNamara & Scott, 2001)).
- I *training di memoria di lavoro impliciti* che mirano invece ad incrementare i meccanismi dominio-general<sup>4</sup> della memoria di lavoro attraverso l'esercizio in mansioni di memoria di lavoro (Klingberg, Forssberg, & Westerberg, 2002)

I training strategici sono basati una strategia di memoria o una mnemotecnica che insegna ad analizzare a fondo le informazioni da ricordare, in modo da utilizzare meno le risorse cognitive e attuare con una maggiore facilità il recupero. Una codifica strategica

---

<sup>3</sup> Pertinenti solamente ad una particolare area cognitiva.

<sup>4</sup> Estendibili a diverse aree cognitive.

dell'informazione può consistere nel generare legami tra le informazioni che favorisco un passaggio più veloce alla MLT, oppure in una suddivisione studiata del materiale da ricordare in modo da evitare un surplus di informazioni. La ricerca di Turley et al. (Turley-Ames & Whitfield, 2003) ha dimostrato che soggetti con ML debole possono ottenere benefici dall'apprendimento di strategie di memoria (immaginativa, semantica e reiterazione) anche maggiori rispetto a chi ha una buona ML iniziale. Nonostante gli effetti positivi rilevati dagli studi, i training strategici presentano dei limiti. Si tratta di strategie difficili da attuare nella quotidianità e sembra restino legati a liste di parole come quelle viste durante i training, rendendo faticosa la generalizzazione (Bottiroli, Cavallini, & Vecchi, 2008)

I training della memoria di lavoro (impliciti) sono contemplati come esercizi volti ad allenare le componenti dominio-generalì della ML. Si tratta di training ad elevato carico cognitivo, essi infatti richiedono la codifica rapida delle informazioni e la capacità di inibire gli stimoli distraenti. Esistono training nei quali i partecipante attraverso, l'esercizio ripetuto, auto-generano strategie al fine di completare il task. Questo tipo di esercizio sembra favorire la generalizzazione, rendendo il soggetto capace di applicare tali strategie alla vita quotidiana, di conseguenza risulta efficace per il mantenimento dei benefici ottenuti (Derwinger A, Stigsdotter Neely A, & Bäckman L., 2005). In altri training invece la difficoltà del training, varia in relazione alla prestazione (livelli), in questo caso il soggetto è incitato a lavorare sempre al massimo delle sue possibilità. Pare che il miglioramento della capacità di elaborare informazioni sia più probabile eseguendo esercizi così strutturati (Jaeggi, Buschkuhl, Jonides, & Perr, 2008).

Largamente usati sono i *Training multi-modalità* che comprendono prove di più ampio spettro. Pur essendo principalmente incentrate sulla ML, le prove prevedono task di memoria a breve termine e memoria episodica. Nella maggior parte dei casi si tratta di training rivolti a bambini, in particolare a soggetti con disturbi specifici dell'apprendimento o disturbo dell'attenzione e iperattività. In media un programma di allenamento di questo tipo prevede 20-25 sessioni che possono essere svolte in centri specializzati o da casa. Secondo gli studi effettuati su questo tipo di training, esistono

benefici negli specifici campi di allenamento e effetti di generalizzazione lontani (inibizione e ragionamento) (Klingberg T. , 2005). Molti degli studi effettuati su questi training evidenzia come limite la mancanza di un gruppo di controllo attivo, inoltre, a causa della struttura multi-modale, risulta difficile indicare quale parte del training o combinazione delle stesse siano effettivamente responsabili del miglioramento e su quale specifica attività cognitiva abbiano agito (Morrison & Chein, 2011).

Esistono training, chiamati di *aggiornamento*, che comprendono un solo tipo di prova (es: *n-back*) allo scopo di potenziare l'abilità di aggiornamento nella ML. L'analisi dei dati prodotti da studi su questa tipologia di training evidenzia benefici specifici ed effetti di *generalizzazione vicina*<sup>5</sup>. Come negli studi precedenti, anche in questi, sono assenti gruppi di controllo attivo. Il controllo attivo è stato usato solo da due studi, (Jaeggi , Buschkuhl , Jonides, & Shah, 2011) e (Chooi & Tompson, 2012). Un altro limite è quello della mancata valutazione del mantenimento a distanza di almeno sei mesi del training, aspetto valutato solo da Dahlin (Dahlin, 2008). Durante i training spesso vengono somministrate ai partecipanti prove di ML alternate tra stimoli verbali e visuo-spaziale, in modo da evitare l'automatizzazione. Questo tipo di training risulta maggiormente difficile da analizzare, infatti le prove sono somministrate secondo diverse procedure e diverso numero di sessioni. È stato comunque possibile evidenziare effetti sul compito specifico, effetti di generalizzazione vicina e in alcuni casi lontani (inibizione e ragionamento). Gran parte degli studi che hanno analizzato questa metodologia ha previsto un gruppo di controllo attivo e la presenza di sessioni di follow-up.

## **2.2 Efficacia del Training della Memori di Lavoro**

Come già anticipato, l'analisi dei dati evidenziati dagli studi sui training di ML è caratterizzata da più variabili che si riflettono sulle conclusioni tratte a proposito dell'utilità di questo tipo di interventi. Correnti di pensiero ritengono incoraggianti i risultati ottenuti e si mostrano favorevoli al training della ML al fine di potenziare il funzionamento

---

<sup>5</sup> La generalizzazione è il processo attraverso il quale viene associato ad una varietà di elementi/esperienze il medesimo significato

cognitivo. Klingberg sostiene che questa tipologia di interventi possa essere utile a soggetti con capacità di ML limitata per svolgere le attività quotidiane e migliorare il rendimento scolastico (Klingber, 2010). Slagter sottolinea che bisogna essere cauti nell'interpretare i risultati emersi a causa dei difetti metodologici presenti in molti studi (Slagter, 2012), mentre Shipstead, Redick e Engle affermano che i benefici acquisiti siano dovuti a misure e controlli inadeguati, quindi inconsistenti (Shipsterd , Redick, & Engle, 2010). Nel tentativo di unificare pareri discordanti, Melby-Lervåg e Hulme hanno proposto una meta-analisi basta sui risultati finora ottenuti (Melby-Lervåg & Hulme, 2012) . Sono state studiate le variabili moderatrici che danno luogo alla mutevolezza dei benefici specifici e di generalizzazione.

Gli autori hanno posto particolare attenzione a 5 variabili, ovvero:

- a) Età: bambini (fino all'età di 10 anni), ragazzi (da 11 a 18 anni), adulti (da 19 a 50 anni), anziani (dai 51 anni in su).
- b) Durata del training: training corti (< di 8 ore di training) e lunghi (> di 9 ore);
- c) Formazione dei gruppi: randomizzato o non randomizzato;
- d) Tipologia del gruppo di controllo: gruppo di controllo attivo o passivo;
- e) Tipologia di training: CogMed, Jungle Memory, n-back, Cogfit ecc.

Dalla figura 3 si può evidenziare come gli effetti dei training sulla memoria di lavoro verbale siano maggiori rispetto a quelli sulla memoria di lavoro visuo-spaziale. Le uniche variabili moderatrici effettivamente significati sono l'età e la tipologia di training. In oltre il training offerto dalla CogMed risulta notevolmente più efficace sulla ML visuo-spaziale rispetto agli altri. I benefici ottenuti da quest'ultimo caso sembrano mantenersi a distanza di 5 mesi dal termine dell'allenamento. Per quanto riguarda gli effetti di generalizzazione, dalla meta-analisi non sono emersi effetti rilevanti per l'abilità matematiche e di bassa entità sono quelli verificati nelle capacità verbali.

Possiamo concludere, dunque, che i training di memoria di lavoro sono eterogenei sia riguardo le procedure utilizzate sia per i risultati ottenuti che sono influenzati dalle variabili

*Analysis of Moderators of Immediate Effects on Verbal Working Memory and Visuospatial Working Memory*

Moderator variable	Verbal working memory				Visuospatial working memory			
	Number of effect sizes ( <i>k</i> )	Effect size ( <i>d</i> )	Heterogeneity ( <i>I</i> <sup>2</sup> )	Test of difference ( <i>Q</i> test)	Number of effect sizes ( <i>k</i> )	Effect size ( <i>d</i> )	Heterogeneity ( <i>I</i> <sup>2</sup> )	Test of difference ( <i>Q</i> test)
Age								
Young children	4	1.41**	63.23**		6	0.46**	26.86	
Children	6	0.26*	7.47		5	0.45**	54.24	
Young adults	7	0.74**	82.76**		4	0.61*	80.32**	
Older adults	4	0.95**	87.31	.00**	3	0.69	80.79**	.92
Training dose								
Large	12	0.94**	79.33**		10	0.49**	38.21	
Small	9	0.62**	87.74**	.31	8	0.53**	73.87**	.85
Design								
Nonrandomized	10	0.82**	88.19**		11	0.38**	34.93	
Randomized	11	0.76**	74.76**	.85	7	0.70**	72.53**	.20
Type of control								
Treated	8	0.99**	83.93**		10	0.63**	61.32**	
Untreated	12	0.69**	83.83**	.38	8	0.36**	45.68	.17
Learner status								
Learning disabled	7	0.56*	83.36**		9	0.47**	47.45	
Unselected	14	0.91**	80.73**	.63	9	0.57**	69.35**	.26
Intervention program								
CogMed	4	1.18**	82.67**		8	0.86*	24.12	
Jungle Memory	3	0.45	60.51		3	0.32	69.27	
N-back training	3	0.79	86.70**		—	—	—	
Other	8	0.75**	85.92**	.57	6	0.28*	60.03*	
Cognifit	—	—	—	—	2	0.44	0.00	.04*

Note. Dashes indicate no data were reported.  
\* *p* < .05. \*\* *p* < .01.

**Figura 3** Analisi dei moderatori degli effetti specifici immediati (tra le sessioni di pre-test e post-test) dei training di memoria di lavoro verbale e visuo-spaziale (da Melby-Lervåg e Hulme)

moderatrici sopra elencate. Quasi in tutti gli studi sono stati evidenziati importanti effetti a breve termine (maggiori per la memoria di lavoro verbale). Il mantenimento del progresso a breve lungo termine è stato analizzati da un numero ridotto di studi. Gli effetti di generalizzazione e i gruppi di controllo attivo erano riportati solo per la metà degli studi. In figura 4 possiamo analizzare gli esiti degli studi nei bambini con e senza deficit cognitivi, target di riferimento per il nostro progetto.

**BAMBINI**

Fonte	Campione	Prove usate al pre- e post-test	Tipo di training	Effetti specifici	Effetti di generalizzazione		Mantenimento
					Vicini	Lontani	
Klingberg e al. (2002)	15 bambini (7-15 anni) Gruppo di controllo: attivo	Span board, span di cifre, Stroop, Matrici di Raven, Processing speed. Prove criterio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Training Multi modalità: MBT e MdL verbale e visuo-spaziale (Cogmed)</li> <li>• Procedura adattiva</li> <li>• 24 sessioni</li> </ul>	Si, compiti di MdL verbale e visuo-spaziale	-	Stroop e matrici di Raven	-
Klingberg e al. (2005)	53 bambini con DDAI (10 anni) Gruppo di controllo: attivo	Span board, span di cifre, Stroop, Matrici di Raven, Questionario sulla frequenza dei sintomi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Training Multi modalità: MBT e MdL verbale e visuo-spaziale (Cogmed)</li> <li>• Procedura adattiva</li> <li>• 20 sessioni</li> </ul>	Si, compiti di MdL verbale e visuo-spaziale	-	Stroop e matrici di Raven, Diminuzione dei sintomi riportati dai genitori	Si (3 mesi)
Holmes e al. (2009)	42 bambini (10 anni), con bassa capacità di MdL Gruppo di controllo: attivo	AWMA: Dot matrix, block recall, spatial recall, counting recall, sub-test WORD e WOND (Werchsler, 1993)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Training Multi modalità: MBT e MdL verbale e visuo-spaziale (Cogmed)</li> <li>• Procedura adattiva con feedback</li> <li>• 20 sessioni di gruppo</li> </ul>	Si	No	No, incremento dell'abilità matematica al follow-up	Si (6 mesi), nella MdL verbale e visuo-spaziale e nella MBT verbale, abilità matematica
Thorell e al. (2009)	47 bambini (4-5 anni) Gruppo di controllo: attivo (14), passivo (16)	Day-Night Stroop Task, Span board, A word span task, Block Design Subtest, CPT	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Training Multi modalità: MBT e MdL verbale e visuo-spaziale (Cogmed)</li> <li>• Procedura adattiva</li> <li>• 20 sessioni</li> </ul>	Si	No	No	-
Beck e al. (2010)	52 bambini e adolescenti con ADHD (7-17 anni) Gruppo di controllo: passivo	P-ChIPS, Conners' Rating Scale-Revised, BRIEF (working memory scale)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Training Multi modalità: MBT e MdL verbale e visuo-spaziale (Cogmed)</li> <li>• Procedura adattiva</li> <li>• 25 sessioni (supervisione di un genitore)</li> </ul>	Si	BRIEF	P-ChIPS, Conners'	-

Fonte	Campione	Prove usate al pre- e post-test	Tipo di training	Effetti specifici	Effetti di generalizzazione		Mantenimento
					Vicini	Lontani	
Holmes e al. (2010)	25 bambini con ADHD (8-10 anni) Gruppo di controllo: no	AWMA: Digit recall, Word recall, Non-word recall, Dot matrix, Block recall, Mazes Memory, Span di cifre inverso, Listening recall, Counting recall, Spatial span. Prove criterio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Training Multi modalità: MBT e MdL verbale e visuo-spaziale (Cogmed)</li> <li>• Procedura adattiva</li> <li>• 20 sessioni</li> </ul>	Si	No	No	Si (6 mesi), MdL verbale e visuo-spaziale e nella MBT verbale.
Van der Molen et al. (2010)	95 adolescenti (13-16 anni) con ritardo mentale (QI 55-85) Gruppo di controllo: attivo	Span di cifre diretto e inverso, Ricordo di non parole, Listening recall, Spatial Span, Test aritmetici, Test di lettura, ricordo di storia, Test di Stroop, Matrici di Raven,	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Training Multi modalità: MBT e MdL verbale e visuo-spaziale (Cogmed)</li> <li>• Procedura adattiva</li> <li>• 15 sessioni (supervisione di un genitore)</li> </ul>	Si	Span di cifre, Spatial span	Ricordo di storia, Test aritmetici	Si (2 mesi e mezzo), Span di cifre, Spatial span. Migliorano nel Ricordo di storia a test aritmetici.
Jaeggi et al. (2011)	62 bambini (6-10 anni) Gruppo di controllo: attivo	TONI, Matrici di Raven. Prove criterio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Training di aggiornamento (n-back di figure e posizioni)</li> <li>• Procedura adattiva</li> <li>• 20 sessioni</li> </ul>	No	-	No	No (3 mesi).
Nutley et al. (2011)	112 bambini (4-4.5 anni) Gruppo di controllo: training di ragionamento non verbale, training combinato, placebo	Repeated patterns, Sequential Orders, Classifications, Matrici di Raven Colorate, Block design (WPPSI), Odd One Out (AWMA), griglie visuo-spaziali, Word Span. Prove criterio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Training Multi modalità: MBT e MdL verbale e visuo-spaziale (Cogmed)</li> <li>• Procedura adattiva</li> <li>• 25 sessioni</li> </ul>	Si	Griglie visuo-spaziali, Odd One Out.	No	-

Fonte	Campione	Prove usate al pre- e post-test	Tipo di training	Effetti specifici	Effetti di generalizzazione		Mantenimento
					Vicini	Lontani	
Alloway (2012)	15 bambini (12-14 anni) con disturbi dell'apprendimento Gruppo di controllo: passivo	Vocabolario, Operazioni Numeriche, Spelling (Wechsler, 1993; 1996; 1999), Automated working memory Assessment. Prove criterio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Training di memoria di lavoro visuo-spaziale: orientamento di lettere, posizione di pallini, problemi matematici (Jungle Memory)</li> <li>• Procedura adattiva</li> <li>• 25 sessioni</li> </ul>	Si	Automated working memory Assessment	Vocabolario, Operazioni Numeriche	-
Beck et al. (2012)	52 bambini e adolescenti (7-17 anni) con DDAI. Gruppo di controllo: passivo	P-ChIPS, Conners' Rating Scale-Revised, BRIEF (working memory scale)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Training Multi modalità: MBT e MdL verbale e visuo-spaziale (Cogmed)</li> <li>• Procedura adattiva</li> <li>• 25 sessioni</li> </ul>	Si	-	Conners	Si (4 mesi)

**Figura 4** Descrizione dei principali training di memoria di lavoro rivolti a bambini

## 2.3 Stato dell'arte

Nel paragrafo precedente si è ampiamente parlato delle tipologie di training utili a potenziare la ML. In passato questo tipo di allenamento mirato veniva effettuato con l'ausilio di mezzi cartacei e giochi "analogici", che vengono descritti in articoli meno recenti. Si tratta di task realizzati con 36 figure inserite in un raccoglitore di plastica trasparente composto da 4 tasche che veniva coperto dopo aver mostrato l'immagine al paziente (MacDonald & Buckley, 1996). Con lo sviluppo delle tecnologie informatiche ed il suo sempre maggiore utilizzo ad uso terapeutico è stato possibile offrire a terapeuti e pazienti strumenti sempre più coinvolgenti e facilmente utilizzabili. Come già visto sono molti gli studi che evidenziano la maggior efficacia di questo tipo di allenamento. Al giorno d'oggi esistono diverse tecnologie a supporto di tale innovazione. Si tratta principalmente di training effettuati tramite a) software installabili su pc; b) applicazioni web; c) applicazioni native. Sono pochi i casi di applicazioni ibride, utilizzate soprattutto come anteprima dei task d'allenamento. All'interno di ognuna delle categorie individuate sono state esaminate le seguenti caratteristiche: target a cui è rivolto il training, obiettivi del training, indipendenza dal dispositivo, story game, storico d'allenamento e disponibilità in lingua italiana. Il training risultato più efficace dagli studi è CogMed, un software per pc studiato appositamente per allenare la memoria di lavoro. È caratterizzato da prove specifiche in base all'età dei partecipanti. Il paziente è seguito da un team di specialisti che lo guidano sia in centri qualificati sia a casa. Si chiama **RoboMemo** il gioco CogMed indirizzato ai più piccoli e fornisce una serie di prove ambientate in una galassia di robot. I task sono quasi interamente basati su input sequenziali disposti ordinatamente, o talvolta gli elementi sono rotanti e disordinati. Per acquistare il gioco bisogna rivolgersi a centri autorizzati, in Italia è attualmente possibile eseguire questo tipo di allenamento solo presso il Centro Leonardo di Genova. Diversa è la situazione per il software Memoria di lavoro visuo-spaziale prodotto dalla Erickson acquistabile su CD-ROM. Si tratta infatti di un training in italiano basato sul format precedentemente descritto. Essendo indirizzato ai bambini, non mancano gli elementi di gioco, questa volta le prove sono ambientate nello spazio. I task presenti sono di varia natura ed interessano la *memoria visiva* (ricordo di



forme), la *memoria sequenziale* (ricordo di percorsi) e la *memoria simultanea* (ricordo di posizioni). **Jungle Memory** è un'applicazione web a pagamento, caratterizzata dalla stessa tipologia di giochi. Più precisamente questa applicazione si compone di tre task. Per quanto riguarda i primi due la base è una griglia-elementi dove gli elementi in questione sono lettere o sillabe. Nel primo caso gli elementi disposti sulla griglia sono rotanti nel secondo invece sono fissi, l'obiettivo è quello di riconoscere la lettera e ricordarne la posizione. Mentre il terzo task è un esercizio di matematica che consiste nel eseguire la prima operazione algebrica e ricordare il numero risultante che sarà la base dalla quale partire per effettuare le operazioni successive. Una versione gratuita della stessa tipologia possiamo trovarla sul sito [www.trainingcognitivo.it](http://www.trainingcognitivo.it), qui il gioco viene chiamato “**TuttoSommato**” questo tipo di allenamento, abbinato a una componente audio, è conosciuto nella letteratura con il nome di *Paced-Auditory-Serial-Addition-Task* o **PASAT**, anch'esso disponibile all'indirizzo sopra citato. Inoltre il sito propone anche il test *n-back* largamente utilizzato negli studi analizzati nel paragrafo precedente. Tutti i training descritti, eccetto il sito *Trainingcognitivo.it*, hanno una sezione dedicata all'analisi dei dati prodotti dall'allenamento. Infatti è inclusa una sessione, dedicata all'operatore sanitario oppure ai genitori, dov'è possibile visionare una storico che mostra mediante grafici e tabelle l'andamento per tutto il tempo dell'allenamento. Questa sezione è compresa anche in applicazioni meno mirate ma comunque efficaci per il potenziamento cognitivo. Si tratta di programmi di training cognitivo a più ampio spettro con sezioni dedicate alla memoria di lavoro. Ad esempio *Cognifit Personal Coach*, disponibile su qualsiasi dispositivo, è stato utilizzato in alcuni degli studi sopra citati. Contiene un'area dedicata ai bambini ma non ha rilevanti elementi di gioco e non sono presenti punteggi ed obiettivi. Della stessa tipologia sono le applicazioni native *Fit Brain training* e *Fit Brain Training for KidS* del gruppo *Rosetta Stone*. Invece non hanno una sezione dedicata al diario d'allenamento le applicazioni web come *Hop-Frog-Hop!* Indirizzata ai più piccoli e completamente gratuita e quelle Native come *Vismory* (a pagamento) e *Brain Trainer Working Memory*. Un quadro generale è fornito dalla tabella 3.

ASPETTI DI ANALISI APPLICAZIONI	TARGET MIRATO	GRATUITÀ DEL SERVIZIO	DISONIBILITÀ SU TUTTI I DISPOSITIVI	TRAINING MIRATO	STORY GAME	DIARIO DI ALLENAMENTO	DISPONIBILITÀ IN LINGUA ITALIANA
CogMed	✓	✗	✗	✓	-	✓	-
Erickson	✓	✗	✗	✓	-	✓	✓
Jungle Memory	✓	✗	✓	✓	✗	✓	✗
CogniFit Personal Coach	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✓
Vismory	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✗
Fit Brain Traing	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓
Fit Brain Traing for Kids	✓	✗	✗	✗	-	✓	✗
Hop, Frog, Hop!	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗
Brain Trainer Working Memory	✗	✓	✗	✓	✗	✗	✗

**Figura 5** Stato d'arte dei software esistenti

Pur essendo il potenziamento della memoria di lavoro un argomento che riguarda tutti, molti dei training esistenti non sono indirizzati specificatamente a persone con deficit cognitivi. Prestano, infatti, poca attenzione ad accorgimenti atti a migliorare l'esperienza dell'utente nell'utilizzo della piattaforma. Al fine di rendere accessibile la risorsa a qualsiasi tipo di utente è necessario affiancare alle tecnologie di base quelle così dette Assistive che possono essere specifiche per ogni tipologia di deficit da colmare. Nei casi di debole ML si tratta maggiormente di disabilità cognitive che prevedono l'inserimento all'interno dell'applicazione, di elementi che evitino la distrazione e la perdita di interesse e rendano facilmente comprensibile l'obiettivo del task.

## 2.4 Tecnologie Assistive e Serious Games

La maggior parte dei software e delle applicazioni analizzate per gli scopi del lavoro qui descritto, corrispondono alla descrizione di Serious Game, ovvero giochi che non hanno come unico scopo una funzione ricreativa ma anche riabilitativa ed educativa. Questa tipologia di gioco, utilizzata già in campo militare e didattico, recentemente è stata adottata nell'ambito sanitario.

In quest'ottica l'utilizzo di Serious Game può assumere una funzione rilevante nel contrastare patologie o disturbi di vario genere, nonché avere finalità di diagnosi o prevenzione.

Spesso il carattere riabilitativo della riabilitazione tradizionale può indurre nei pazienti demotivazione e frustrazione. L'opportunità di effettuare un percorso riabilitativo per mezzo di attività più stimolanti, può essere una valida alternativa alle metodologie classiche di recupero.

Un gruppo di ricercatori ha elaborato un modello con finalità terapeutiche da poter applicare ai serious games in modo da fornire ai progettisti di giochi uno strumento che analizza e descrive le interazioni tra chi gioca, il gioco e il trattamento stesso (Mader, Natikin, & Levieux, 2012). Il progettista, con tale modello, analizza innanzitutto il giocatore e il trattamento, così da poter constatare gli aspetti che conducono benefici alla salute del paziente. Consecutivamente dovrà essere preso in considerazione il rapporto tra gioco e trattamento in modo da distinguere gli elementi di gioco con finalità terapeutiche da quelli che motivano il giocatore. Tale distinzione permette al programmatore di individuare quali sono gli elementi ludici che attraggono l'utente a svolgere le attività di allenamento mirato. In fase finale bisogna osservare il gioco dal punto di vista dell'utente, verificando che risulti divertente e stimolante. Come dimostrato da Nixon e Howard, gli stessi principi utilizzati per molti giochi di successo possono essere applicati anche ai serious game. (Nixon & Howard, 2013). Uno dei principi fondamentali è la realizzazione di una trama di gioco che susciti interesse nel giocatore.

E' importante, inoltre, che il giocatore riceva un feedback immediato che possa comunicargli l'esattezza delle sue azioni.

Gratificare l'utente attraverso la contemplazioni di premi per la riuscita dei task rappresenta uno stimolo che induce il giocatore a perfezionare la sua prestazione al fine di ottenere risultati migliori.

Infine l'interfaccia utente ricopre un aspetto indispensabile in quanto consente al giocatore di focalizzare l'attenzione sul gioco. La grafica deve risultare pulita ed intuitiva. La stessa tipologia di training può portare a risultati diversi se sottoposta al paziente con interfacce differenti. Uno studio (Pier J.M. Prins, 2011) dimostra infatti come gli elementi di gioco siano fondamentali affinché i bambini completino il task e lo ripetano volentieri anche in ambiti diversi dalla seduta di terapia. Nello studio sono stati esaminati 52 ragazzi con ADHD divisi in due gruppi. Il primo gruppo ha eseguito un training computerizzato senza elementi di gioco, ovvero si sono esercitati a ricordare la posizione e l'ordine di quadrati blu su una griglia, mentre il secondo gruppo ha eseguito lo stesso task ma offertogli come un gioco di robot dove i quadrati sono stati sostituiti da asteroidi. I risultati hanno dimostrato, attraverso l'analisi dell'inattività del mouse, che i bambini che hanno giocato con il videogame sono stati maggiormente attivi durante la sessione e hanno riportato anche punteggi migliori. (Pier J.M. Prins, 2011)

Per quanto concerne le tecnologie assistive, si intendono tutte quelle innovazioni hardware e software atte a migliorare le condizioni di vita delle persone disabili. Esse consentono di rendere meno difficoltose le attività quotidiane di soggetti con disabilità. In particolar modo la parola "assistive" indica l'impiego che questa tecnologia ha nell'aiutare le persone con disabilità ad esprimere appieno il loro potenziale, sopperendo alle loro difficoltà e permettendo loro un maggior margine di autonomia (Besio, 2005). Nell'ambito delle tecnologie assistive sono incluse, oltre agli strumenti per le disabilità motorie, anche accorgimenti hardware o software riferiti alle disabilità cognitive. In questi casi, le linee guida che dovrebbero essere seguite affermano che bisogna evitare:

- Complessità dei contenuti difficili da leggere/capire, con parole complesse/inusuali
- Complessità dei meccanismi di interazione difficili da capire e/o utilizzare

- Eccesso di immagini
- Tempi morti
- Animazioni, lampeggiamenti, effetti tremolanti o audio di sottofondo
- Lettori multimediali che non forniscono meccanismi per eliminare le animazioni e l'audio.

## **2.5 Ruolo del mio progetto in questo contesto**

L'obiettivo di questa tesi è la realizzazione di una piattaforma dedicata ai pazienti con deficit a carico della ML in età scolare e ai loro terapeuti. L'applicazione è strutturata come un gioco per bambini al fine di favorire l'allenamento e include una sezione di monitoraggio dedicata ai terapeuti. Questo lavoro è stato possibile con il supporto di un gruppo di ricerca dell'Istituto di Telematica e Informatica del CNR di Pisa, (Web Application for the Future Internet) che da anni si occupa di tecnologie assistive.

Come descritto nei paragrafi precedenti, esistono nel mercato, software specifici dedicati al trattamento riabilitativo della ML, che, nonostante la loro efficacia, presentano limiti che rendono difficile la loro fruizione in ambiente clinico-terapeutico e soprattutto nell'ambito domestico.

Ad oggi sono molti i terapeuti che propongono ai loro pazienti training computerizzati con finalità terapeutiche, utili non solo a motivare il paziente ad effettuare l'allenamento ma anche a valutare con maggiore facilità l'efficacia della terapia e i progressi raggiunti.

Nonostante sia prevedibile che maggiore è la frequenza con cui vengono svolti gli esercizi, e maggiore è la loro efficacia, sono rari in casi in cui i software siano utilizzabili dai pazienti al di fuori delle sedute di terapia. Al fine di favorire l'utilizzo autonomo del training riabilitativo, l'applicazione deve essere facilmente raggiungibile attraverso qualsiasi tipo di dispositivo (PC, smartphone, notebook ecc.). Per raggiungere questo obiettivo si è pensato di realizzare un'applicazione web. Molti dei software sopra citati forniscono informazioni sulle prestazioni dell'utente solo una volta conclusa la sessione di gioco, ma

non mantengono uno storico. Il nostro progetto mira invece alla raccolta dei dati nel tempo, fornendo così un quadro più dettagliato sull'andamento della terapia. Attraverso una sezione dedicata i terapisti potranno consultare i dati aggiornati nel corso dell'allenamento. È fondamentale che l'attenzione dei pazienti resti costante per l'intera durata dell'esercizio. Si nota che il carattere ripetitivo degli esercizi classici può comportare un calo di interesse e di concentrazione. Da qui nasce l'esigenza di includere nella piattaforma una componente fortemente ludica. L'applicazione si pone l'obiettivo di includere una trama accattivante che induca nel paziente la volontà di portare a termine le attività a lui proposte. Uno dei maggiori punti di forza dell'applicazione proposta è l'accessibilità garantita a tutti gli utenti che desiderano eseguire l'allenamento senza la necessità di dover acquistare nulla. Infatti sono molte le soluzioni in grado di soddisfare gran parte dei requisiti sopra elencati ma il costo di installazione risulta spesso un deterrente per le famiglie. I terapisti in molti casi devono acquistare il servizio per ognuno dei loro pazienti, inoltre il costo varia in base alla durata del training. In altri casi invece il paziente deve installare il software anche sul suo pc per potersi allenare da casa, se questo costo viene aggiunto a quello delle sedute di terapia comunque necessarie ne risulta che un training di questo tipo può essere dispendioso sia per le famiglie che per i terapisti. A differenza della maggior parte dei training esistenti l'applicazione web è stata pensata per utenti di lingua italiana, dunque sarà fruibile ad oggi solo in italiano.



### 3. IDEA E OBIETTIVI GENERALI

L'idea nasce dall'attività svolta durante lo svolgimento del tirocinio formativo presso l'Istituto di Informatica e Telematica del CNR di Pisa. Il tirocinio effettuato rientrava nelle tematiche di ricerca affini al progetto "Città Educante": PON 2007-2013-Italian Technology Cluster for Smart Communities finanziato dal MIUR (Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca) (2014-2017) il cui scopo è la realizzazione di strumenti interattivi low cost accessibili e usabili con interfacce adattive per supportare l'apprendimento e il training cognitivo. Il progetto di tesi ruota intorno a tre video-giochi con il duplice obiettivo di essere efficace nel potenziamento della ML e rendere l'attività riabilitativa piacevole per i pazienti. In questo paragrafo verranno introdotte le caratteristiche generali dei tre istanze di gioco, la loro finalità terapeutica, le fasi di gioco. Inoltre verrà descritto il target a cui i videogiochi sono rivolti e la scelta della piattaforma utilizzata.

#### 3.1 I Giochi

Affinché i serious game risultino efficaci per lo scopo riabilitativo che si prefiggono, si è proceduto ad analizzare una vasta gamma di esercizi proposti in letteratura. Verificato che la tipologia più efficace ed utilizzata è basata sul *ricordo di elementi disposti su griglie (3x3 o 4x4)*, si è proceduto a trasporre questo tipo di attività sotto forma di videogioco. Quest'indagine ha portato quindi alla definizione di tre esercizi inquadrati nella marco area della ML visuo-spaziale. Questa tipologia di esercizio è caratterizzata dalla presentazione degli stimoli in ordine sequenziale (random), ovvero uno dopo l'altro, il paziente deve ricordare la sequenza degli stimoli e la loro posizione (memoria sequenziale). Si tratta di task che agiscono sulla memoria attiva, in quanto richiedono al bambino di elaborare gli stimoli presentati prima di fornire una risposta. Gli esercizi proposti all'interno di uno stesso gioco si differenziano per livello di difficoltà ed elementi mostrati. Questi ultimi sono disposti su una griglia non visibile all'utente in modo ordinato e scompaiono prima che appaia l'elemento successivo creando così un percorso sequenziale che l'utente deve



auto costruirsi. Si richiede all'utente di memorizzare la posizione associata a ciascun oggetto e il momento in cui esso è comparso inteso come ordine rispetto al precedente e al successivo. Il paziente dovrà quindi rielaborare la sequenza di stimoli e fornire una risposta in base a ciò che è richiesto dall'esercizio, ovvero ripetere la sequenza come gli è stata presentata oppure in ordine inverso. Nel primo gioco (Game 1) l'utente dopo aver attivato il gioco vedrà apparire davanti a sé un solo elemento per volta, elemento che scompare per lasciare posto al successivo (per livelli >1). Raggiunto il numero di elementi previsti dallo specifico livello, un messaggio vocale avvisa l'utente che è arrivato il suo turno e deve quindi ripetere la sequenza proposta. Superato il primo step il livello di difficoltà aumenterà e gli elementi mostrati verranno incrementati di uno ogni volta che il bambino completerà la sequenza correttamente. L'utente guadagnerà la possibilità di passare al gioco successivo quando avrà completato correttamente una sequenza di 5 elementi, numero selezionato di base alla teoria fondata da Miller (Miller, 1956), la nostra memoria di lavoro può contenere 7 più o meno due elementi. Si è scelto il numero 5 per mantenere alto il livello di sfida limitando il senso di frustrazione. Il gioco successivo (Game 2) propone lo stesso tipo di task in una griglia più grande con una base di partenza di 3 elementi. L'ultimo gioco, quello che porterà il bambino all'obiettivo finale, consiste nel ricordare una sequenza di numeri mostrati sempre su una griglia ordinata.

I dati che vengono raccolti per ogni sessione di gioco sono di due tipologie, ovvero vengono raccolti dati di tipo generale (dati di sessione) l'ora il giorno l'id del giocatore e id del gioco al quale ha giocato e dati specifici riferiti al task eseguito.

Viene comunicato al database il livello a cui il giocatore è arrivato prima di commettere un errore e ricominciare.

In base a questi dati si possono calcolare quanti errori sono stati commessi, quante volte il giocatore ha effettuato il task prima di raggiungere un determinato livello e quanto ha influito l'allenamento in termini di tempo sui miglioramenti mostrati o in caso contrario si può verificare l'inefficienza dell'esercizio.

Queste informazioni possono fornire al terapeuta elementi importanti su cui intervenire per esempio punti critici riguardanti il numero di elementi massimo che il giocatore riesce mediamente a ricordare prima di incorrere in errore.

### **3.2 L'interfaccia di controllo**

L'interfaccia di controllo è la sezione della piattaforma principalmente dedicata al terapeuta, che la utilizza per visualizzare e analizzare le informazioni raccolte dall'esecuzione dei giochi.

Essendo una componente dedicata alla rappresentazione statica delle informazioni, differisce in maniera sostanziale con il resto dell'applicazione. Abbiamo ideato quest'area riservata al controllo in modo da offrire ai terapeuti:

- a) La pagina di selezione dei pazienti, all'interno della quale è possibile iscrivere nuovi pazienti al sistema e visualizzare l'elenco degli stessi che sono già stati iscritti dal terapeuta.
- b) La pagina dedicata alla visualizzazione dati dell'utente (bambino), dove si possono analizzare le performance del bambino ricavate dalle informazioni relative ai videogiochi.

L'interfaccia ha come obiettivo quello di individuare miglioramenti e/o peggioramenti dei pazienti nei singoli task, a questo proposito la pagina del bambino è stata ulteriormente divisa in tre sezioni, una per ogni esercizio, nella quale è presente un grafico che mostra l'andamento dell'allenamento.

### **3.3 Scelta dell'Applicazione Web**

Al fine di rendere il training accessibile a un maggior numero di persone, tramite qualsiasi tipo di dispositivo e senza obbligo d'acquisto si sono vagliate le opzioni più favorevoli volte a realizzare il progetto secondo i nostri obiettivi. L'opzione più vantaggiosa è stata valutata essere un'applicazione web. In contrasto con le App Native un'applicazione web

può servire qualsiasi tipo di dispositivo, infatti è programmata per funzionare su qualsiasi sistema operativo dotato di browser per la connessione ad internet. Si ha accesso tramite un semplice URL senza bisogno di procedure di download e installazione. Non ha bisogno di aggiornamenti da parte dell'utente, in caso di mal funzionamenti o modifiche sarà il programmatore ad aggiornare il sito sul server. Inoltre realizzare un applicazione Web ha un costo inferiore rispetto allo sviluppo di App Native. Come ogni tipologia di app anche le app web hanno degli svantaggi: la necessità di una connessione internet, minore visibilità perché non compaiono sugli Store, necessità di valutazione attenta del tipo di funzionalità da implementare che sia compatibile con i tempi della rete internet. In alcuni casi in cui l'interazione utente richiesta è piuttosto alta (tipicamente nei giochi con una alta componente grafica) l'applicazione web ha tempi di latenza ancora non nulli che influiscono negativamente sulla User Experience. Fondamentale è che il sito sia ottimizzato e responsive altrimenti l'utente, pur potendovi accedere da qualsiasi dispositivo, sarà impossibilitato ad utilizzarlo con soddisfazione.

### **3.2 Target Utente**

L'applicazione è stata concepita come uno strumento di potenziamento rivolto ai bambini con e senza difficoltà. Per la sua realizzazione è stato importante considerare due tipologie di obiettivi: (i) soddisfare utenti di una certa età, bambini in età prescolare, (ii) soddisfare utenti con eventuali deficit cognitivi causa di barriere di accessibilità e usabilità che dovevano essere individuate e superate.

Il target a cui il progetto è indirizzato è costituito da bambini dai 3-8 anni con necessità di potenziare la memoria di lavoro.

Per quanto riguarda il primo obiettivo, generalmente gli sviluppatori di giochi per bambini hanno come punto di riferimento la scolarizzazione degli utenti, infatti i bambini sono divisi in età prescolare e scolare. La nostra applicazione potrebbe soddisfare un target utenti collocato a cavallo tra le due età. Uno studio britannico (TAP, 2015) ha esaminato, attraverso 2000 questionari, l'impiego di applicazioni per tablet da parte di bambini da 0 a 5 anni. Nello studio sono stati analizzati molti aspetti dell'utilizzo delle app come le

modalità di interazione con i dispositivi, le criticità dell'interfaccia e gli argomenti di interesse. Mediamente un bambino usa il tablet per 1 ora e 19 minuti al giorno e lo usa per un'ampia serie di attività: guardare la tv o i film, giocare, ascoltare la musica, disegnare, creare mondi virtuali. Secondo lo stesso studio i bambini ricercano maggiormente app creative e di ruolo mentre per i genitori l'app deve essere principalmente educativa, facile da usare e divertente. I bambini in quest'età e i loro genitori cercano in una app dunque fondamentalmente una componente di divertimento. Secondo quello che emerge da questi studi, un gioco adatto ai più piccoli deve essere necessariamente dotato di indicazioni vocali, grafica e audio accattivanti. Inoltre deve contenere una simbologia che risulti facile da comprendere per rendere la navigazione piacevole al visitatore.

Per quanto riguarda il secondo obiettivo, nel nostro caso non abbiamo la pretesa di soddisfare i differenti profili associati ad ognuno di questi disturbi cognitivi. Sappiamo che nel caso di soggetti DSA l'aspetto fondamentale è la semplicità visiva d'insieme. Infatti per questo tipo di utenti è difficile focalizzare l'attenzione su un particolare, essi infatti mantengono un'attenzione alta su tutti gli elementi presenti e sono distratti rispetto al task da effettuare, dunque bisogna moderare l'uso eccessivo di immagini, evitare effetti lampeggianti e audio di sottofondo non disattivabile. Inoltre è fondamentale scegliere un font chiaramente leggibile, e implementare un sintetizzatore vocale. Mentre nei soggetti con disturbi d'attenzione e iperattività (ADHA) è fondamentale anche evitare i tempi morti e meccanismi di gioco poco intuitivi, al fine di non annoiare il paziente già incline alla distrazione e alla noia. Non è facile creare videogiochi che siano piacevoli per tutti, spesso il divertimento dipende dai gusti dei giocatori e dalle difficoltà personali che il singolo giocatore potrebbe riscontrare. Infatti da qui nasce l'esigenza di creare più esercizi tarati a diversi livelli di difficoltà in modo tale che il gioco non risulti né troppo facile (noioso) né troppo difficile (frustrante).

Sebbene queste premesse sembrino garantire un effetto finale adeguato, non è impossibile che si riscontrino difetti di progettazione non previsti. Questo può accadere in quanto, essendo sviluppatori adulti, non possiamo prevedere (se non attraverso diverse fasi di test)

le difficoltà di un giovane paziente con disturbi cognitivi a carico della ML. Tali deficit accomunano una ampia varietà di patologie che si manifestano attraverso diverse modalità.

### **3.3 Trama del Serious Game**

Per il perseguimento dell'obiettivo preposto abbiamo ritenuto indispensabile realizzare una trama intorno alla quale far ruotare la struttura del serious game. Dopo aver passato in rassegna, da ricerche online, quali sono mediamente gli interessi che accomunano i bambini dell'età considerata come target, sono stati evidenziati i personaggi e le ambientazioni con maggiore possibilità di successo. Si è scelto di ambientare il gioco su un'isola di pirati. La figura del pirata risulta particolarmente affascinante agli occhi dei bambini, secondo la scrittrice S.Z. Strand<sup>6</sup> sono principalmente tre i motivi che rendono questa figura così attraente: «Prima di tutto, il pirata incarna l'avventura in maniera totalizzante. La sua vita è votata completamente alla scoperta, al contatto con qualcosa di nuovo e sconosciuto, che si tratti di un luogo, di una persona o di un'intera cultura. In secondo luogo, per sopravvivere a costanti imprevisti e conflitti, il pirata deve sfruttare non soltanto la sua forza fisica, ma anche e soprattutto la velocità mentale, l'ingegno. Infine, la vita del pirata, nella forma edulcorata che viene proposta ai bambini, appare come un Eden in cui è possibile rifiutare le regole imposte a favore di un sistema proprio e personale. Questo è un elemento rilevante se si pensa all'insofferenza che gran parte dei bambini – pur con intensità diverse – mostrano verso le regole del mondo degli adulti che, probabilmente, molto spesso non capiscono». Sempre secondo la scrittrice per realizzare una trama avvincente è necessario che il bambino si immedesimi nelle vicende dei personaggi. Le storie dei pirati offrono molte situazioni in cui il bambino può immedesimarsi: «il desiderio di conquistare qualcosa, la determinazione di perseverare nonostante le avversità».

---

<sup>6</sup> Intervista di Eva Grippa per “*Dblog la Repubblica*”.

L'utente alle prese con l'applicazione qui descritta si troverà a dover aiutare il CAPITAN BOH a raggiungere il tesoro. Dopo aver visualizzato la mappa che conduce a quest'ultimo, dovrà superare tre sfide che incontrerà sulla strada verso l'obiettivo.

La prima sfida è ambientata nella *caverna esplosiva*, per evitare che essa esploda il bambino dovrà ricordare nell'ordine giusto in quali botti sono state nascoste le bombe. Dopo aver superato questa prova l'utente si ritrova nella *laguna dei cocodrilli* anche in questo caso il bambino dovrà ricordare la posizione dei cocodrilli per evitare di essere mangiato. L'ultima prova è quella che prevede di riuscire a ricordare la combinazione esatta per aprire il forziere.



## 4.ANALISI DEI REQUISITI

### 4.1 Requisiti non Funzionali

Con la locuzione requisiti non funzionali si fa riferimento a quei requisiti che non sono direttamente collegati con le funzioni del sistema, ma sono considerati come proprietà di quest'ultimo che devono comunque essere soddisfatte. In alcuni casi risultano critici tanto quanto i requisiti funzionali, infatti da essi derivano molti dei vincoli sul sistema e sul suo sviluppo.

Di seguito verranno riportati i requisiti non funzionali relativi all'applicazione web da sviluppare:

#### 4.1.1 Requisiti di Usabilità

L'usabilità Secondo la norma ISO, è il “grado in cui un prodotto può essere usato da particolari utenti per raggiungere certi obiettivi con efficacia, efficienza e soddisfazione in uno specifico contesto d'uso”<sup>7</sup>.

Di conseguenza per realizzare un applicazione in linea con le esigenze del target stabilito e necessario tener conto delle accortezze di seguito riportate

- *Lessico e lingua*: L'applicazione deve essere realizzata in lingua italiana, inoltre è fondamentale l'utilizzo di un lessico chiaro e comprensibile ad un pubblico di bambini di età compresa tra i 3-8 anni. Evitare dunque frasi complesse e parole auliche.
- *Responsive web design*: Per far sì che le pagine si adattino a qualsiasi tipo di dispositivo (pc, smartphone, tablet) e forniscano una visualizzazione ottimale, è necessario che nello sviluppo dell'applicazione sia utilizzata la tecnica di web design Responsive.
- *Interfacce semplici e intuitive*: In questo caso specifico la semplicità e la comprensibilità dell'interfaccia sono essenziali, infatti il target a cui l'applicazione è indirizzata è

---

<sup>7</sup>Definizione Treccani



caratterizzato dalla propensione alla noia e alla distrazione. Dunque le interfacce devono essere *self-explaining*, ovvero devono essere realizzate in modo che sin dal primo utilizzo l'utente capisca le attività da svolgere. Diversamente dovrà essere aggiunto un trial in grado di semplificare la comprensione delle attività possibili. Devono essere incluse *call-to-action* chiare e riconoscibili a tutti. In oltre bisogna implementare delle interfacce che guidino l'utente nella navigazione (feedback e pop-up).

- *Grafica semplice* ma accattivante: è fondamentale che l'applicazione disponga di una struttura che ricordi i videogiochi più comunemente usati dai bambini in modo da invogliare l'utente a proseguire nella navigazione. Dunque bisogna enfatizzare gli elementi maggiormente utilizzati della game art (quadranti punteggio, pulsanti, animazioni). Evitando però un eccesso di immagini e effetti lampeggianti o tremolanti che se non utilizzati con cautela potrebbero distogliere il paziente dall'obiettivo principale, quello di eseguire il training terapeutico.

- *Forum veloce*: Un forum che richieda solo dati essenziali, in modo che l'utente non si stanchi ad inserirli ed abbandoni la piattaforma. Inoltre è necessario comunicare con l'utente in caso di errore, dunque bisogna fornire in modo chiaro la tipologia di errore che si può verificare nella sezione di registrazione e login.

- *Comandi vocali*: Questo tipo di indicazione occupa un posto di rilievo nell'applicazione, infatti i destinatari di quest'ultima non sono in grado di leggere o comunque presentano difficoltà nella lettura, caso dei DSA.

- *Tempi morti*: Le funzionalità del sistema devono essere programmate in modo che l'utente non si ritrovi ad attendere per molto tempo gli input che provengono dall'applicazione, in modo particolare in caso di una lunga attesa occorrerebbe indirizzare i soggetti iperattivi verso un'altra attività.

### **4.1.2 Requisiti di Accessibilità**

Al fine di poter rispettare gli obiettivi del progetto, è necessario che le interfacce utente siano caratterizzate da precisi standard, cosicché possano risultare accessibili. Gli standard da rispettare sono:

-WCAG<sup>8</sup> (Web Content Accessibility Guidelines<sup>5</sup>), contenenti numerose recommendation realizzate in modo da rendere accessibili i contenuti del web. Le recommendation possono essere utilizzate come linee guida che permettono di creare contenuti accessibili per un ampio numero di persone. Inoltre seguendo il seguente standard si incrementa l'accessibilità dell'applicativo a soggetti con varie tipologie di deficit sia cognitive che motorie.

-WAI-ARIA<sup>9</sup> (Web Accessibility Initiative –Accessible Rich Internet Applications), rappresenta l'insieme dei documenti pubblicati dal w3c. Tali documenti servono per specificare come poter accrescere l'accessibilità dei contenuti dinamici e dei componenti utilizzati per l'interfaccia utente realizzati con AJAX, HTML, JavaScript.

## **4.2 Requisiti funzionali**

I requisiti funzionali sono essenziali alla descrizione delle funzioni ed i servizi forniti dal sistema. Dunque fare un'analisi funzionale vuol dire schematizzare le caratteristiche che il software deve avere. In altre parole i requisiti funzionali specificano cosa deve essere fatto. Spesso nello sviluppo software i requisiti funzionali coincidono con i casi d'uso. Nel paragrafo saranno riportate le funzionalità richieste.

### Registrazione

La pagina di registrazione segue quella di benvenuto (home) nell'applicazione. Per utilizzare l'applicazione l'utente necessita di essere memorizzato e riconosciuto all'interno del database. Essendo un applicativo dedicato ai bambini che non necessita di particolari comunicazioni e che è presentato con un videogame, non si è manifestata la

---

<sup>8</sup> <https://www.w3.org/WAI/intro/wcag>

<sup>9</sup> <https://www.w3.org/WAI/intro/aria>

necessità di fornire dati sensibili. Infatti sin dal primo accesso l'utente dovrà inserire solo i seguenti dati di registrazione:

- a) Username del tutor
- b) Password del tutor
- c) Nickname del bambino che farà il training

In seguito alla compilazione del forum di registrazione da parte dell'utente-tutor, il sistema memorizza i dati nel database per poterli recuperare e confrontare successivamente in fase di login. In caso di nickname uguali (sia per il ruolo tutor sia per i giocatori) il sistema impedirà la registrazione e comunicherà all'utente di apportare modifiche ai dati inseriti.

#### Login tutor e Login giocatore

La funzionalità di Login consente al sistema di autenticare l'utente tramite l'account creato precedentemente nel caso d'uso registra account.

In fase di login l'utente dovrà riportare Username e Password nel caso in cui a loggarsi sia un tutor mentre solo il Nickname nel caso dei bambini (giocatori), dopo di che il sistema verifica l'esattezza dei dati inseriti confrontandoli con quelli già presenti nel database.

In caso i dati forniti siano corretti, l'utente verrà riconosciuto e potrà procedere all'interno del sito. Mentre se i dati di accesso risultano non corrispondenti il sistema notifica all'utente l'inesattezza dei dati da lui forniti e lo invita a modificarli.

#### Pagina di scelta gioco

In questa pagina l'utente precedentemente loggato ha la possibilità di scegliere il gioco da eseguire attraverso appositi collegamenti ipertestuali che conducono alla pagina di gioco. Il gioco è pensato per essere svolto in tappe ordinate, ma l'utente è comunque libero di selezionare il gioco che attira maggiormente la sua attenzione in un dato momento. Oltre che scegliere il gioco, in questa pagina l'utente ha la possibilità di tornare alla home o fare log out. Questa pagina è visualizzata dal bambino subito dopo il login oppure dal tutor, che può scegliere anch'esso di giocare cliccando l'apposito pulsante nell'*area tutor*.

### Pagine di gioco

Le pagine di gioco sono 3 in ognuna è possibile, iniziare il gioco (cliccando il tasto play), potrà tornare indietro alla pagina di scelta, ritornare alla home, disattivare l'audio o fare log out. Inoltre, all'interno di questa pagina è possibile visualizzare il punteggio effettuato e ricevere feedback mentre è in corso la sessione di gioco. Questi ultimi sono inviati all'utente sotto forma di pop up diversi in base al messaggio da comunicare. Nel pop up di superamento livello sarà inclusa la possibilità di passare direttamente al gioco successivo. Nelle notifiche di fallimento invece è inserita l'opzione *Riprova*.

### Interfaccia Tutor

L'interfaccia tutor è raggiunta previa autenticazione, all'interno di essa il terapeuta ha la possibilità di scegliere di aggiungere nuovi pazienti da tenere sotto controllo. Cliccando il tasto aggiungi viene aperta una nuova pagina dov'è possibile inserire nickname del bambino, non sono necessari, perché non registrati, dati sensibili di diversa natura. Dalla sua pagina principale il tutor può anche scegliere accedere a una pagina di riepilogo dei giochi fatti dal singolo bambino con le relative informazioni di performance. Al tutor è consentito anche di giocare, magari semplicemente per "provare" i giochi e rendersi conto della loro difficoltà, in questo caso però i suoi dati non influenzano la raccolta dati fatta sui bambini.

### Pagina di riepilogo dati di performance del bambino

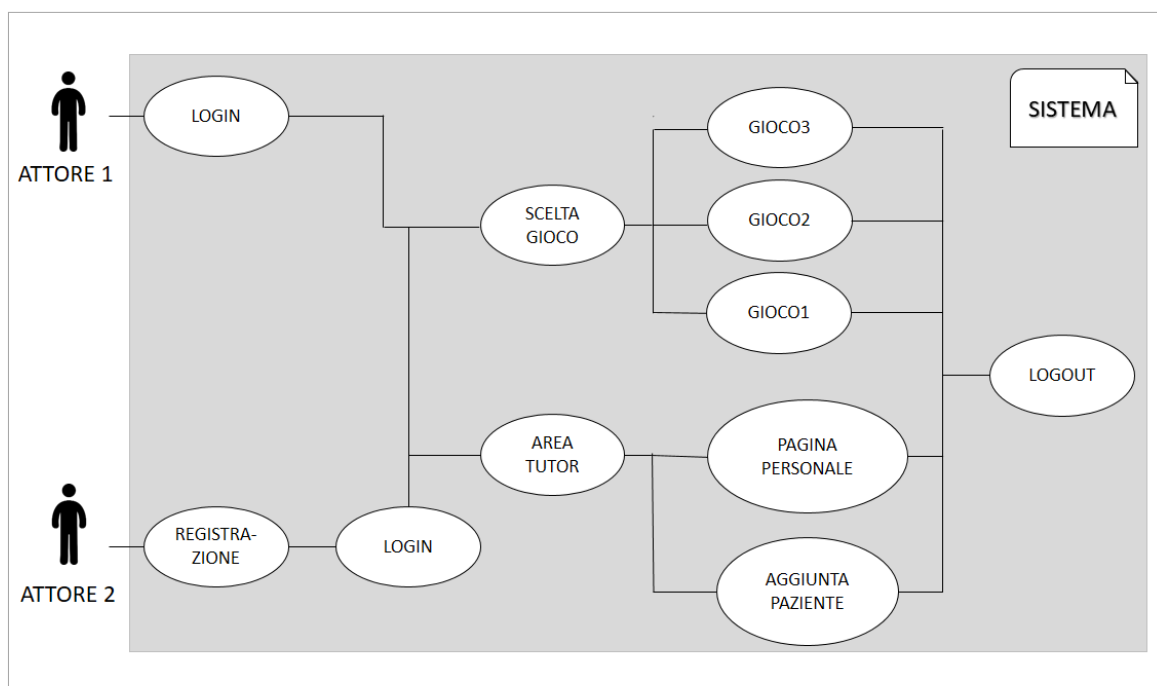
Questa pagina sarà visibile attraverso una pagina di passaggio nella quale sono mostrati i filtri di ricerca. Il tutor, attraverso menu a tendina, può selezionare l'utente da controllare, il periodo in cui è stato effettuato il training e uno tra i tre giochi disponibili. Nella pagina di arrivo il terapeuta potrà consultare i dati relativi ai giochi fatti dal singolo bambino con indicazione sul tipo di gioco, n° prove corrette/errate.

### Logout

Il sistema deve permettere all'utente di terminare l'esperienza all'interno del sito, dunque effettuando l'opzione di Logout l'utente viene scollegato dall'applicazione.

### 4.3 Casi d'uso

Al fine di modellare il comportamento del sistema da sviluppare, senza specificare come esso verrà realizzato, si utilizza l'analisi dei casi d'uso. Tale analisi evidenzia sequenze di azioni che il sistema compie per produrre un risultato osservabile da un attore esterno. In altre parole delineando un caso d'uso si descrive l'applicativo partendo dalle sue funzioni, ossia quello che fa. Un caso d'uso non tiene conto di come tali funzioni vengano svolte dal sistema. Per realizzare i casi d'uso relativi alla nostra applicazione si è utilizzato un linguaggio di modellazione basato sul paradigma ordinato degli oggetti, chiamato ULM (Unified Modeling Language). Di seguito è rappresentato il diagramma che descrive le funzioni e i servizi offerti dall'applicazione così come sono percepiti e utilizzati dagli attori che interagiranno con il sistema:



*Figura 6* Diagramma dei casi d'uso

Oltre a ciò, per rendere maggiormente comprensibili i casi d'uso e le funzionalità dell'applicativo, sono stati studiati gli scenari di iterazione tra gli utenti e il sistema. Con

scenario di interazione si intende la rappresentazione delle possibili interazioni di un ipotetico utente con il sistema. La finalità principale di questo tipo di analisi è quella di stabilire i requisiti e le maggiori necessità degli utenti reali, descrivendo in ogni particolare il tipo di interazione che il sistema deve supportare. Alcuni dei possibili scenari sono Schematizzati nelle tabelle seguenti.

<b>ID</b>	Scenario 1
<b>TITOLO</b>	Registrazione
<b>Descrizione</b>	Se l'utente non è ancora registrato il sistema provvede alla creazione di un nuovo account richiedendo i dati utili.
<b>Attore</b>	Tutor
<b>Pre-condizioni</b>	L'utente non è registrato
<b>Post-condizioni</b>	L'utente può accedere a tutte le funzionalità dell'applicazione

*Figura 7* Scenario 1: Registrazione

<b>ID</b>	Scenario 2
<b>TITOLO</b>	Login Tutor
<b>Descrizione</b>	L'utente già registrato inserisce le proprie credenziali
<b>Attore</b>	Tutor
<b>Pre-condizioni</b>	L'utente è già registrato
<b>Post-condizioni</b>	L'utente può accedere a tutte le funzionalità dell'applicazione

*Figura 8* Scenario 2: Login Tutor

<b>ID</b>	Scenario 3
<b>TITOLO</b>	Login bambino
<b>Descrizione</b>	Il bambino (utente) precedentemente registrato dal suo tutor deve inserire il proprio nickname per accedere all'applicazione
<b>Attore</b>	Bambino
<b>Pre-condizioni</b>	L'utente è registrato
<b>Post-condizioni</b>	L'utente può accedere a un numero ridotto di funzionalità dell'applicazione

*Figura 9* Scenario 3: Login Bambino

<b>ID</b>	<b>Scenario 4</b>
<b>TITOLO</b>	Scelta gioco
<b>Descrizione</b>	L'utente loggato può scegliere fra 3 video games.
<b>Attore</b>	Tutor/bambino
<b>Pre-condizioni</b>	L'utente ha effettuato i login
<b>Post-condizioni</b>	L'utente può giocare

*Figura 10* Scenario 4: Scelta Gioco

<b>ID</b>	Scenario 5
<b>TITOLO</b>	Gioco 1, Gioco2, Gioco 3
<b>Descrizione</b>	L'utente che ha scelto uno dei giochi inizia l'attività di training giocando
<b>Attore</b>	Bambino/Tutor
<b>Pre-condizioni</b>	L'utente ha effettuato il login e scelto un gioco
<b>Post-condizioni</b>	Durante il training le interazioni dell'utente con il sistema sono registrate sul database e visualizzate sotto forma di punteggio e/o avanzamento di livello

*Figura 9* Scenario 5: Giochi

<b>ID</b>	Scenario 6
<b>TITOLO</b>	Inserimento nuovo bambino
<b>Descrizione</b>	L'utente, precedentemente loggato può inserire nuovi utenti-bambino attraverso l'apposita funzione
<b>Attore</b>	Tutor
<b>Pre-condizioni</b>	L'utente ha effettuato il login
<b>Post-condizioni</b>	I nuovi bambini verranno aggiunti al database e resi visibili al tutor in fase di visualizzazione dati

*Figura 10* Scenario 6: Inserimento nuovo Bambino



<b>ID</b>	Scenario 7
<b>TITOLO</b>	Pagina di riepilogo dati del bambino
<b>Descrizione</b>	L'utente precedentemente loggato potrà scegliere tra i bambini da lui inseriti quale monitorare
<b>Attore</b>	Tutor
<b>Pre-condizioni</b>	L'utente ha fatto il login e scelto il bambino
<b>Post-condizioni</b>	L'utente visualizza i dati prodotti durante il training dello specifico bambino

*Figura 11* Scenario 7: Pagina di storico del bambino

<b>ID</b>	Scenario 8
<b>TITOLO</b>	Logout
<b>Descrizione</b>	L'utente che desidera abbandonare l'applicazione può effettuare il logout
<b>Attore</b>	Tutor/bambino
<b>Pre-condizioni</b>	L'utente ha fatto il login
<b>Post-condizioni</b>	L'utente esce dall'applicazione.

*Figura 12* Scenario 8: Logout

## **5.STRUTTURA DELL'APPLICAZIONE WEB**

### **5.1. L'architettura Web Three-Tier**

Un applicazione web è un ambiente senza memoria che non necessita di installazione, infatti per poter ottenere le informazioni desiderate l'utente, dopo essersi connesso alla rete internet, invia la sua richiesta al server che la elabora e restituisce l'informazione attesa.

Solitamente questo tipo di applicazione ha una struttura distribuita su tre livelli, si tratta di una architettura chiamata Web Three-Tier. Anche l'applicazione qui descritta è strutturata sugli stessi livelli e progettata utilizzando le tecnologie indicate di seguito.

Un applicazione Web Three-Tier è sviluppata sui seguenti livelli:

- Livello dati (Servente RDBMS): in questo livello sono contenute le informazioni dell'applicazione. Si tratta di un database gestito tramite MySQL. In questo livello si manipolano i dati attraverso le Query.
- Livello logico (Servente Web): Si tratta del "motore" dell'applicazione in grado di elaborare, modificare e animare i dati. Per rendere possibile tale processo si utilizzano: lato server il linguaggio di scripting interpretato PHP, mentre lato cliente un altro linguaggio di scripting chiamato JavaScript.
- Livello Interfaccia utente (Cliente): si tratta dello strato più superficiale, quello visibile all'utente attraverso il browser web. L'interfaccia è realizzata attraverso il linguaggio di markup HTML e i fogli di stile CSS.

## **5.2. Base di dati (livello dati)**

Un database (o base di dati) è una struttura organizzata secondo un modello e capace di contenere informazioni. Il modello deve essere progettato in modo da rappresentare la situazione reale che si vuole automatizzare. I DBMS (DataBase Management System), sviluppati per gestire le basi di dati, sono strumenti software in grado di coordinare in maniera efficace ed efficiente la grande quantità di dati persistenti presenti all'interno di un database. Modellare i dati affinché essi risultino comprensibili ad un elaboratore significa costruire una rappresentazione semplificata della realtà di un problema. Esistono tre tipologie fondamentali di modelli di dati: Il modello concettuale, il modello logico ed il modello fisico (Atzeni , Ceri, Paraboschi, & Torlone, 2013). Di seguito verranno descritti e analizzati i modelli riferiti all'applicativo in questione.

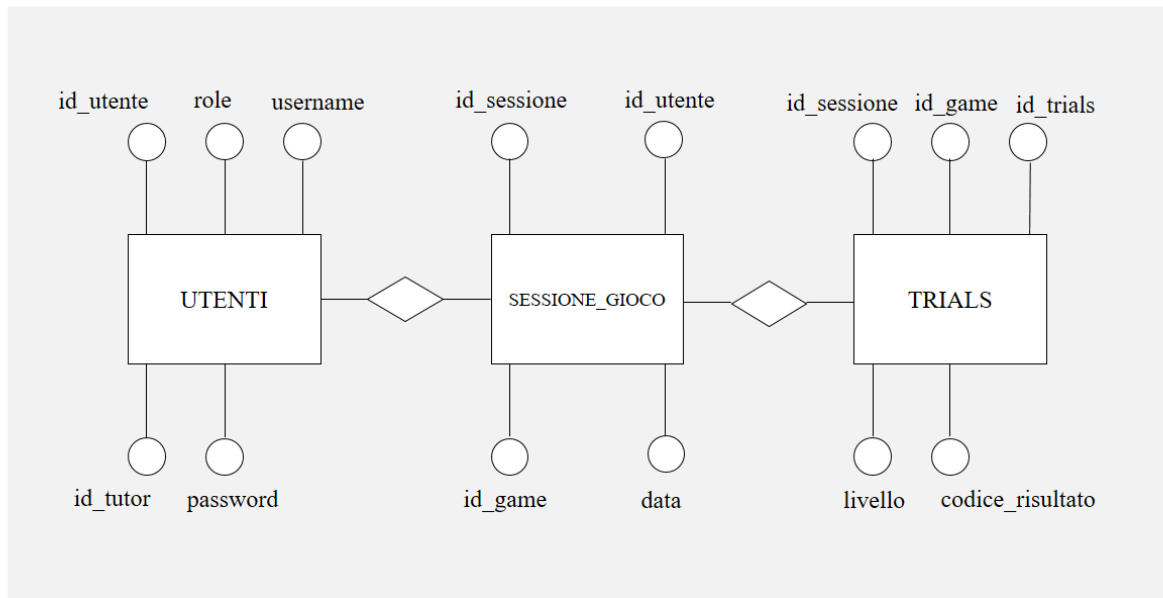
### **5.2.1. Modello Concettuale**

Fase di progettazione concettuale si pone come obiettivo quello di rappresentare la realtà di interesse, in maniera indipendente da qualsiasi specifico DBMS e quindi senza tenere conto degli aspetti implementativi. Tali modelli utilizzati nella fase di progettazione concettuale si basano principalmente sui concetti di Entità, Attributo e Relazione, ognuno dei quali ha una propria rappresentazione grafica.

- Entità: è una classe di oggetti (fatti, persone, cose) di interesse per l'applicativo che esistono autonomamente.
- Attributo: Un attributo di entità è una proprietà specifica di un'entità utile all'applicazione.
- Relazione: Una relazione si definisce su due o più entità, e rappresenta un legame tra tali entità. Il numero di entità coinvolte in una relazione determina il suo grado.

Per rappresentare graficamente il modello concettuale è stato utilizzato il Modello E-R, ossia il Modello entità-relazioni che mira appunto alla rappresentazione concettuale dei

dati sotto forma di entità e delle relazioni esistenti fra di esse. In figura sono rappresentate le entità di maggiore interesse per il funzionamento dell'applicazione. Le entità prese in analisi in questo modello, che rappresentano solo una porzione di quelle presenti, sono *utente*, *sessione\_gioco* e *trials* :



**Figura 13** Esempio Modello E-R del database

All'entità *utente* vengono assegnati cinque attributi che lo identificano: *id\_utente*, *username*, *password*, *id\_tutor* e *role* ovvero il ruolo svolto dall'utente. All'entità *sessione\_gioco* vengono invece assegnati quattro attributi: *id\_sessione*, *id\_utente*, *id\_game* e *data*. L'entità *trials* conta cinque attributi: *id\_trial*, *id\_sessione*, *id\_game*, *codice\_risultato* e *livello*. La relazione che lega le entità è l'attività svolta dell'utente durante le sessioni di gioco.

## 5.2.2. Modello Logico Relazionale

La progettazione logica del database è utile per tradurre il modello entità-relazione in modelli logici dei dati. A differenza del modello concettuale, il modello logico dipende dalla tipologia di DBMS utilizzata. Il modello logico dei dati è dunque considerato come la tecnica di organizzazione e di accesso ai dati utilizzata da specifiche categorie di DBMS. Per l'applicazione è stato utilizzato il modello logico relazionale per sue caratteristiche di coerenza ed usabilità. I DBMS che si basano su questo tipo modello logico vengono definiti RDBMS. In un DBMS sono definiti linguaggi che permettono di creare e modificare i dati e gli schemi che compongono una base di dati. In oltre permettono di interrogare il database rendendo possibile l'estrazione di informazioni in esso memorizzate. Tali funzionalità sono contenute all'interno di SQL (Structured Query Language), un linguaggio standardizzato per RDBMS. In figura è visibile la rappresentazione grafica del modello relazionale dell'applicazione in questione.

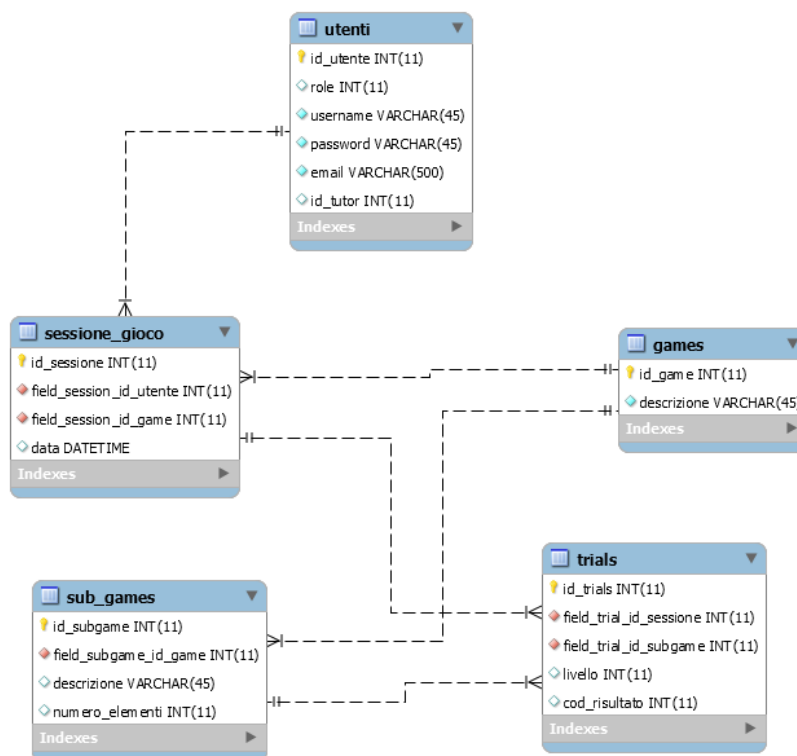


Figura 14 Modello logico relazionale del database

Al fine di realizzare e popolare le tabelle del database è stato utilizzato PHPMyAdmin, un'applicazione web scritta in PHP che consente di amministrare un database MySQL tramite un qualsiasi browser.

Prima di descrivere le tabelle, è utile illustrare brevemente le principali regole alla base della creazione di tabelle con MySQL.

Attraverso l'istruzione CREATE TABLE è possibile definire lo schema di una tabella e creare un'istanza vuota. Per ogni attributo va specificato il dominio e eventualmente un valore di default e i vincoli che specificano proprietà dei dati. Poiché un DBMS deve prevenire l'immissione di informazioni errate è necessario applicare vincoli di integrità.

Nel Database realizzato sono stati utilizzati i seguenti vincoli:

- NOT NULL: vincolo di tupla che vieta l'inserimento di valori nulli.
- UNIQUE: vincolo di tupla che viene definito per un attributo i cui valori devono essere unici.
- PRIMARY KEY: vincolo di chiave che permette di definire uno o più attributi che formano una chiave primaria. Tale vincolo implica NOT NULL.
- FOREIGN KEY (REFERENCES): vincolo di chiave che permette di definire chiavi esterne.

Nel momento in cui creiamo una tabella è necessario definire in modo esatto la tipologia di dato che ogni colonna potrebbe contenere. I tipi di dato che sono stati utilizzati nelle tabelle che compongono il Database sono:

- *varchar*: usato per specificare una sequenza di caratteri di lunghezza variabile.
- *integer*: sono numeri interi, non vengono quindi inclusi decimali o frazioni.
- *datetime*: ammette valori compresi dal 1 gennaio 1753 al 31 dicembre 9999.

Per presentare il processo di creazione di una tabella all'interno dell'applicazione, viene presa ad esempio la tabella 'utenti'. La tabella utente memorizza i dati personali dell'utente da esso inseriti nel form di registrazione.

Come detto in precedenza per creare la tabella è stato utilizzato il comando CREATE TABLE seguito dal nome utenti e tra parentesi tonde sono stati definiti i campi specificando per ognuno di essi il dominio e i vincoli d'integrità se necessari:

- *id\_utente*: campo necessario per identificare univocamente ogni utente registrato. Il dominio è INTEGER ossia un valore numerico esatto, nelle parentesi è indicato il massimo cifre. Il vincolo intra relazionale NOT NULL fa sì che non possano essere inseriti valori nulli. Infine viene utilizzato AUTO\_INCREMENT per far sì che il valore del campo venga incrementato automaticamente per ogni nuovo utente.
- *nome* e *password*: sono i campi che contengono rispettivamente il nome e la password inseriti dall'utente. Per tali campi il dominio VARCHAR(45) si tratta di campi atti a contenere stringhe di caratteri che, come indicato fra parentesi, nel caso dell'applicazione in questione possono avere lunghezza massima di 45 caratteri. Tali campi non possono essere nulli.
- *role*: un campo il ruolo di ogni utente registrato . Si tratta di un campo che assume il valore intero di 1 se a registrarsi è il tutor che a sua volta registrerà i suoi pazineti che assumeranno volere 2.
- *id\_tutor*: questo campo è un intero corrisponente al id\_utente del tutor qualora ad essere registrato è un bambino (role=2) .

La seguente figura indica il codice MySQL utilizzato per la creazione della tabella:

```
CREATE TABLE IF NOT EXISTS `utenti` (  
  `id_utente` int(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT,  
  `role` int(11) DEFAULT NULL,  
  `username` varchar(45) NOT NULL,  
  `password` varchar(45) NOT NULL,  
  `email` varchar(500) NOT NULL,  
  `id_tutor` int(11) DEFAULT NULL,  
  PRIMARY KEY (`id_utente`),  
  UNIQUE KEY `id_utente` (`id_utente`))
```

**Figura 15** Creazione tabella utente

Oltre alla tabella utenti, il Database dell'applicazione di training è composto da altre 3 tabelle descritte di seguito:

- *Sessione\_gioco*: all'interno di tale tabella vengono memorizzati i dati relativi alle sessioni di gioco effettuate dall'utente. Questa tabella ci permette di capire il gioco selezionato (id\_game) ,chi sta giocando (id\_utente) e quando lo sta facendo (data).
- *Sub\_game*: all'interno di tale tabella sono descritti i giochi presenti nell'applicazione, il numero di elementi da cui questi sono composti e l'id assegnato al singolo gioco e indispensabile per creare le relazioni con le altre tabelle.
- *Trials*: Al suo interno sono memorizzati i dati prodotti dagli utenti che eseguono il training, ovvero il livello raggiunto dall'utente in una determinata sessione di gioco e gli errori da esso commessi. Dunque ci permette di analizzare l'andamento dell'esercitazione.

### **5.2.3 Strumenti utilizzati per la realizzazione del livello dati**

Al fine di velocizzare le procedure di modifica dei file costituenti dell'applicazione è utile lavorare in locale. Per ovviare a questo problema in fase di sviluppo i file sono stati caricati su un distributore Apache gratuito. Si tratta di una multipiattaforma XAMPP, software che comprende un Apache Http Server, un database MySQL e gli strumenti necessari per usare i linguaggi di programmazione PHP e Perl. L' acronimo XAMPP sta per:

- X = cross-platform (multipiattaforma)
- A = Apache (server HTTP)
- M = MySQL (database)
- P = PHP (interprete)
- P = Pearl (interprete)

Si tratta di una configurazione server locale intuitiva e facilmente installabile. Dunque per testare il sito in locale prima di renderlo disponibile in rete, si è scelta questa piattaforma.



Apache (o meglio Apache HTTP Server) è una piattaforma server web modulare in grado di operare nei sistemi operativi più diffusi. Con il nome server Web si ci riferisce ad un programma capace di intercettare una richiesta HTTP inviata dal client tramite un browser e di fornire, sempre tramite il protocollo HTTP , una pagina HTML di risposta contenete le informazioni desiderate dal client. Apache è una piattaforma server Web gratuita ed è attualmente la più diffusa. L'insieme di Web server esistenti su internet forma il WWW (World Wide Web). L'architettura modulare di Apache, le sue funzioni di trasporto e collegamento di informazioni e le opzione di controllo di sicurezza da esso fornite, hanno fatto sì che diventasse il server Web più utilizzato al mondo.

Per gestire database che contengono una grande quantità di dati e che li condividono fra più utenti e applicazioni si usano dei sistemi chiamati Data Base Management System (DBMS). Più precisamente MySQL è un RDBMS ("Relational DataBase Management System "), ossia un sistema di gestione per database relazionali, che si basa sul linguaggio SQL ("Structured Query Language" è il linguaggio standard di interrogazione dei database). MySQL si occupa della strutturazione e della gestione a basso livello dei dati stessi, in modo da velocizzarne l'accesso, la modifica e l'inserimento di nuovi elementi.

PhpMyAdmin è un'applicazione open Source accessibile tramite qualsiasi browser. Essa offre la possibilità di amministrare con semplicità il database, infatti attraverso l'interfaccia è possibile creare nuovi database, aggiungere tabelle e effettuare operazioni su di esse. All'interno della piattaforma si possono effettuare funzioni di inserimento, importazioni e esportazione dei dati. Tali funzioni possono essere eseguite attraverso gli appositi pulsanti implementati nell'interfaccia oppure attraverso query nella sezione a loro dedicata. Questa funzione è risultata utile per verificare la correttezza delle query da inserire nelle PHP dell'applicazione.

## 5.3 Livello Logico

Il livello logico è il livello intermedio di un'applicazione three-tier. Esso infatti funge da intermediario tra il client e le informazioni da lui desiderate. Le tecnologie utilizzate in questo livello permettono di processare i dati contenuti nel database e inviarli al terzo livello ovvero quello di presentazione. L'appellativo "logico" deriva dalla sua funzione principale cioè quella di elaborare i dati seguendo la logica aziendale dell'applicazione. Un altro aspetto fondamentale è che questo livello riesce a gestire le transazioni richieste da più client contemporaneamente.

### 5.3.1 Strumenti utilizzati per la realizzazione del livello

Come brevemente anticipato sopra, il livello logico si serve di due linguaggi di scripting al fine di elaborare i dati. Lato server si tratta del linguaggio PHP mentre lato client sono utilizzati il linguaggio JavaScript e le librerie JQuery.

PHP (acronimo ricorsivo per PHP: Hypertext Preprocessor) è un linguaggio di scripting general-purpose open source molto utilizzato, è specialmente indicato per lo sviluppo web e può essere integrato nell' HTML. Questo linguaggio è stato fortemente utilizzato nell'applicazione in questione, infatti essa include pagine web dinamiche che rappresentano richieste del client verso il database.

In PHP<sup>10</sup> è possibile assegnare da variabile diverse tipologie di dati durante l'esecuzione dello script, a differenza dei linguaggi C, C++ e Java dove è necessario dichiarare che tipo dato ci si deve aspettare in quella data variabile.

“Le variabili in PHP sono delimitate dal carattere \$, seguito da un carattere alfabetico o da un underscore \_. I caratteri successivi al secondo possono contenere qualsiasi sequenza di cifre, caratteri alfabetici ed underscore.”<sup>11</sup> Un importante funzionalità aggiuntiva di PHP sono le variabili superglobali, una tipologia di variabile sempre disponibile in qualsiasi

---

<sup>10</sup> <http://www.php.net/manual/en/>

<sup>11</sup> <http://www.html.it/pag/16679/le-variabili3/>

area durante l'esecuzione dello script. All'interno della nostra applicazione sono state utilizzate le seguenti variabili superglobali :

- `$_GET`: Contiene i parametri passati tramite URL
- `$_POST`: Contiene i parametri passati come POST allo script
- `$_SESSION`: Contiene le informazioni relative alla sessione corrente.

JavaScript è un linguaggio di scripting orientato agli oggetti con sintassi simile a quella del C, del C++ e del Java. Questo linguaggio ha trovato la sua massima applicazione nelle pagine web, in modo particolare in quelle che richiedono una forte componente di interattività, è questo il quadro in cui si colloca la nostra applicazione ed il motivo per cui è stato indispensabile l'utilizzo di questo linguaggio. La caratteristica che più lo differenzia dai linguaggi sopracitati e quella di essere un linguaggio interpretato, ovvero un linguaggio che viene interpretato immediatamente dall'interprete JavaScript interno al browser. Questo significa che il codice non viene compilato, trasformato in linguaggio macchina e solo successivamente processato ma viene subito eseguito lato client e non lato server. (Duckett, Ruppert, & Moore, 2014.)

jQuery è una libreria di funzioni JavaScript indirizzata alle applicazioni web. Per poter utilizzare queste librerie è necessario inserire all'interno delle pagine HTML un collegamento a tale script, spesso accessibile tramite URL. Le funzionalità di queste librerie riescono a semplificare notevolmente la programmazione lato client delle pagine HTML. Infatti esse forniscono metodi e funzioni utili a gestire gli aspetti grafici e strutturali della pagina, mantenendo la compatibilità tra browser diversi e standardizzando gli oggetti messi a disposizione dall'interprete JavaScript del browser (Duckett, Ruppert, & Moore, 2014.)

## 5.4 Implementazione e Descrizione GUIs (Graphical User Interfaces)

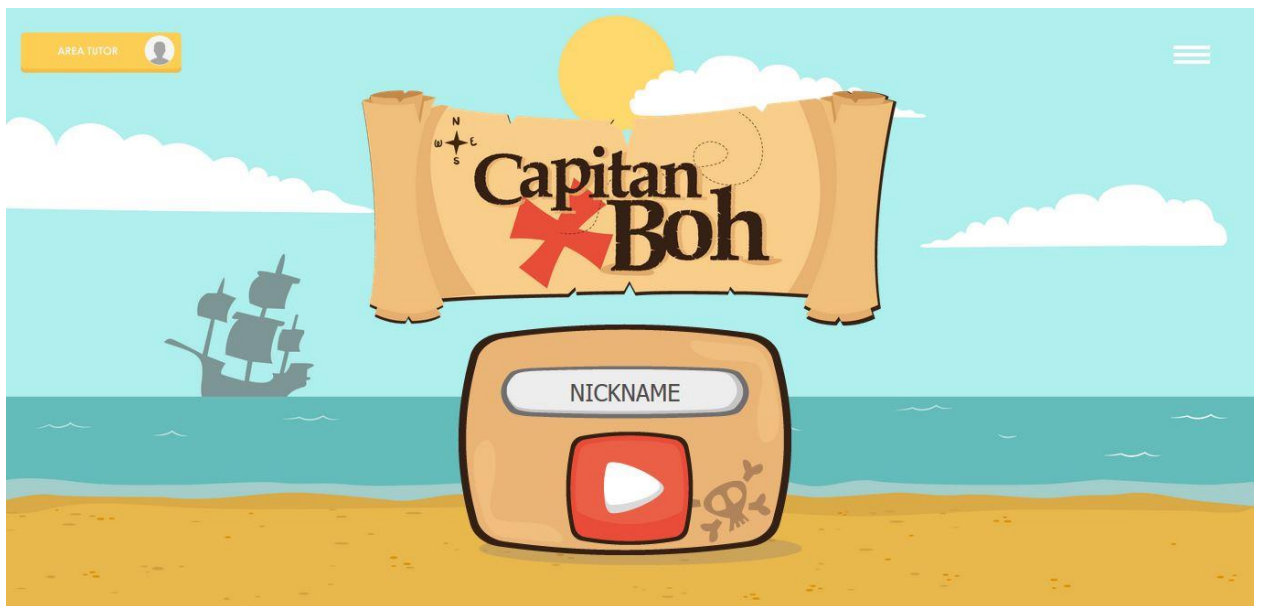
Considerato che l'applicazione qui descritta si basa sull'idea di videogioco, la componente grafica è determinante per la realizzazione del progetto. L'interfaccia grafica dell'applicazione seppur semplice e intuitiva deve tener conto della componente ludica da trasmettere all'utente. Seguendo i principi di usabilità e accessibilità e i principi di realizzazione delle tecnologie assistive, ampiamente descritte, si è cercato di intraprendere un cammino comune a quello fatto dai *game artist* durante la realizzazione di un video gioco. Si è posta l'enfasi sugli elementi di gioco, sulla scenografia e sui personaggi che accompagneranno il bambino durante le attività riabilitative. D'altra parte ciò è stato accostato a interfacce classiche che rispecchiano le caratteristiche del web design attuale. Per semplificare la descrizione delle interfacce è conveniente illustrare separatamente le componenti classiche maggiormente utilizzate nell'interfaccia di controllo da parte della terapeuta e quelle ludiche presenti esclusivamente nel serious game dedicato al bambino (paziente).

Di seguito vengono descritte e illustrate, tramite *screenshot* e porzioni di codice, le interfacce utente realizzate:

La *pagina di benvenuto* si colloca a metà strada tra le due categorie distinte nell'introduzione. Essa è unica, sia il bambino che il terapeuta visualizzeranno la stessa interfaccia. Si tratta di una pagina semplice, no scroll, che mostra in primo piano il logo del gioco e il login dedicato al bambino precedentemente registrato dal terapeuta nell'area tutor, accessibile tramite il pulsante alto a sinistra. Mentre in alto a destra è presente l'icona da cui si può visualizzare il menu a comparsa. Si è ritenuto fondamentale inserire una sezione che spiegasse le intenzioni degli sviluppatori e le informazioni utili al navigatore. Al fine di non distogliere l'attenzione dell'utente dal suo obiettivo, cioè giocare, ci siamo serviti di un menu a comparsa verticale;

Il menu contiene le sezioni:

- About: nella quale si parla di come è nato il progetto;
- Contatti: recapito utili a chiedere informazioni, inviare suggerimenti o reclami;
- Memoria di Lavoro: breve introduzione alla memoria di lavoro;
- Training: Informazioni sulla tipologia di training.



*Figura 16* Interfaccia Home

Attraverso la *pagina di registrazione* l'utente ha la possibilità di iscriversi all'applicazione. Una volta inseriti i dati negli appositi spazi il sistema procede alla memorizzazione dei stessi all'interno del database. I campi da compilare nel form sono:

- Nome
- Password
- Nickname bambino

Affinché l'inserimento vada a buon fine è necessario che l'utente rispetti determinate condizioni, in caso contrario gli verranno notificati i seguenti errori di registrazione.

Registrati definendo un nome e una password. Indica anche il nickname di 1 bambino che userà il gioco. Dopo l'accesso nella piattaforma potrai definire altri utenti

username-tutor

password

nickname-bambino

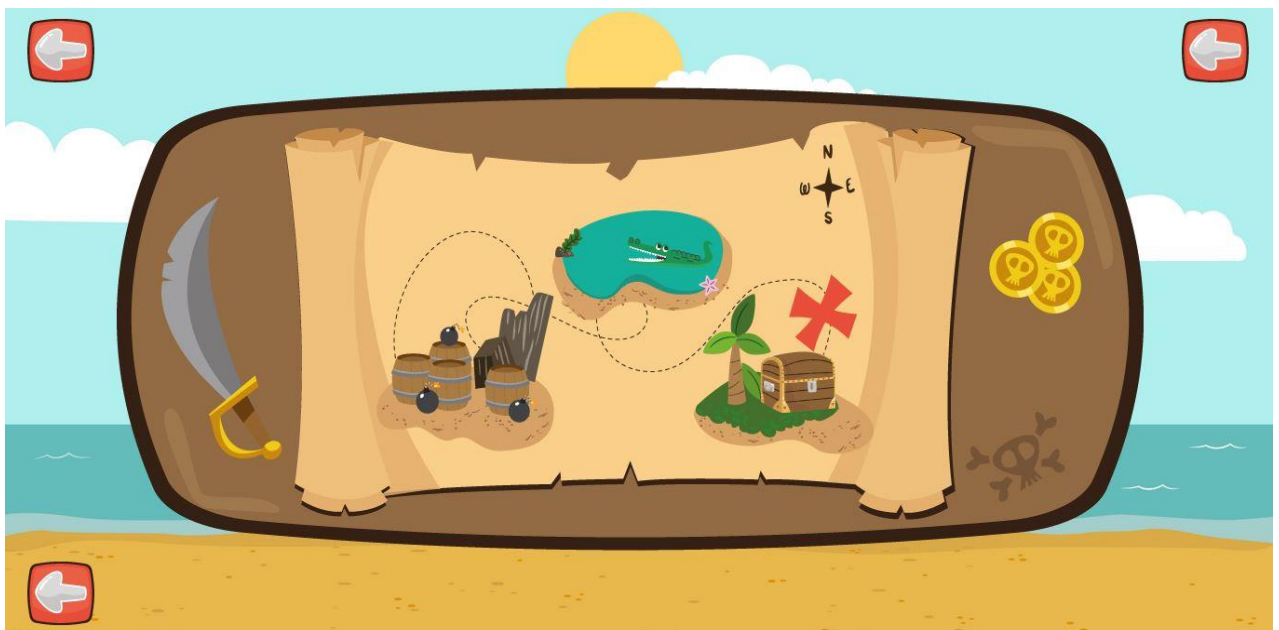
REGISTRATI

Sei già registrato come tutor? [Accedi come tutor](#)

Sei già registrato come bambino? [Accedi come bambino](#)

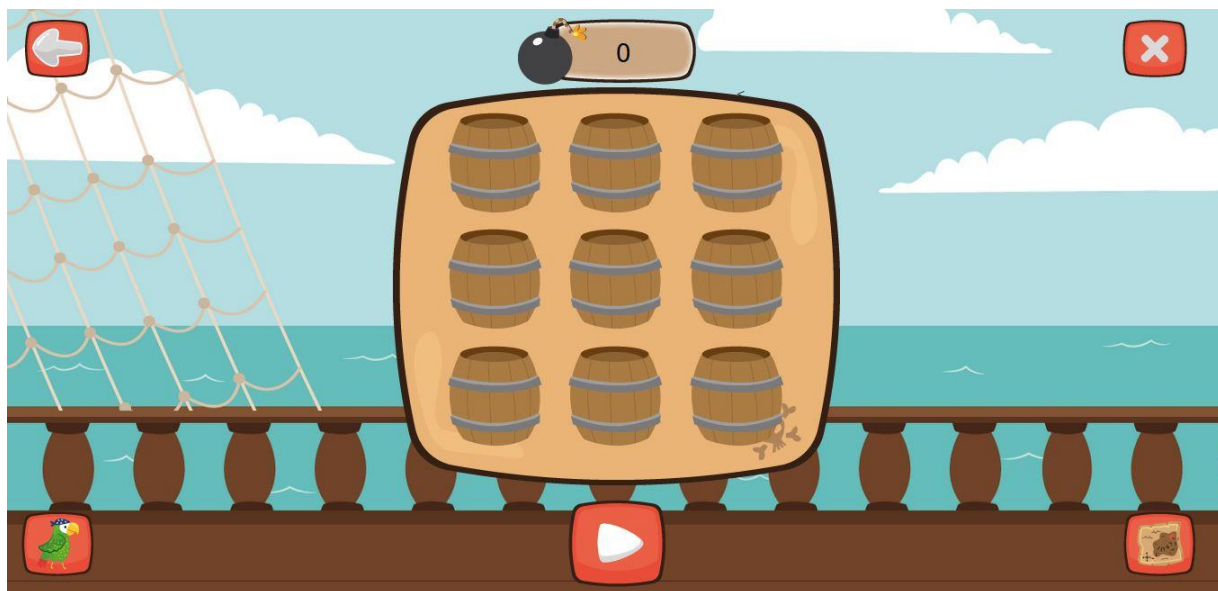
**Figura 17** Interfaccia Registrazione

Se ad effettuare il login è un bambino esso si troverà nella pagina *scelta gioco* nella quale l'utente ha la possibilità di selezionare il gioco che maggiormente attira la sua attenzione attraverso immagini che fungono da pulsanti interattivi.

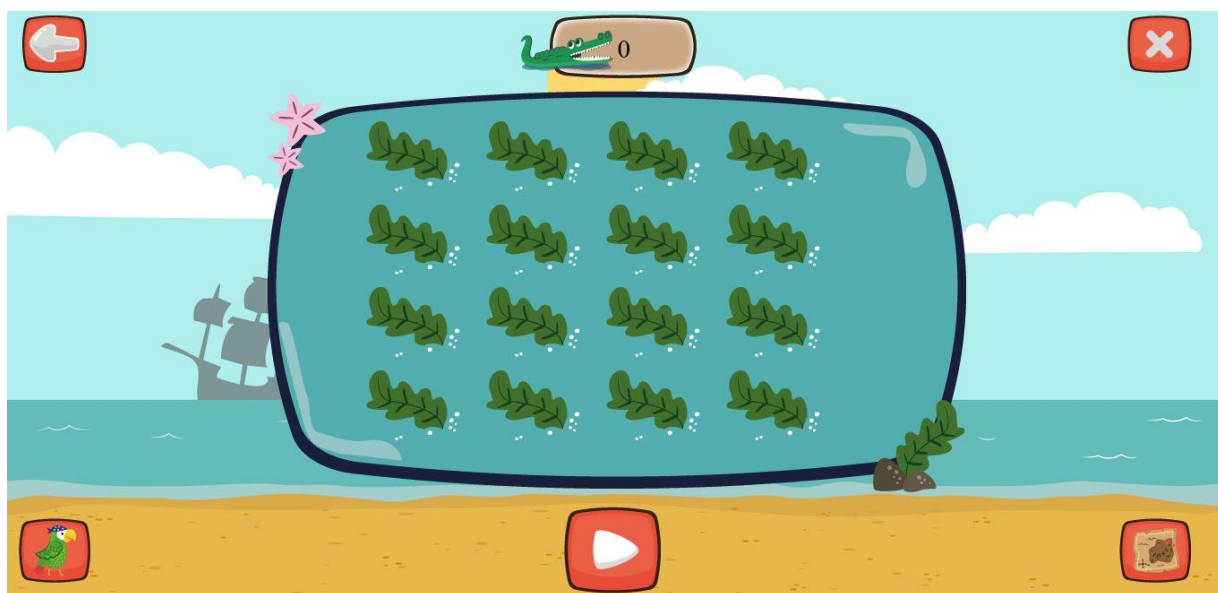


**Figura 18** Interfaccia Scelta gioco

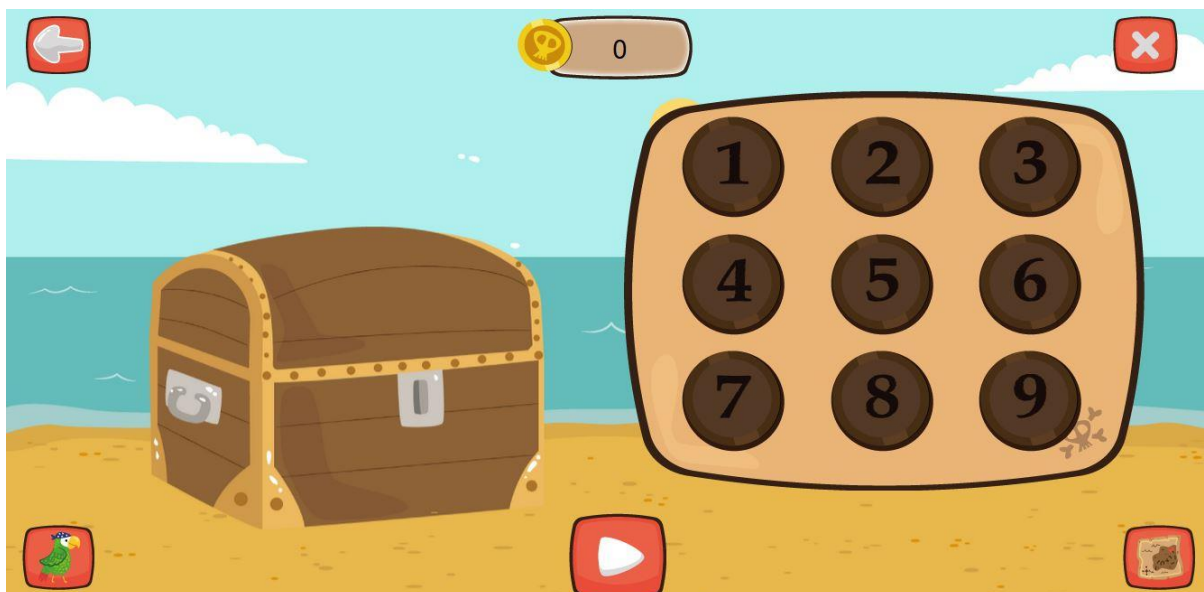
Dopo aver scelto il gioco l'utente può iniziare a giocare. Nelle figure 21 22 e 23 sono illustrarti i tre videogames.



*Figura 20* Interfaccia Gioco 1

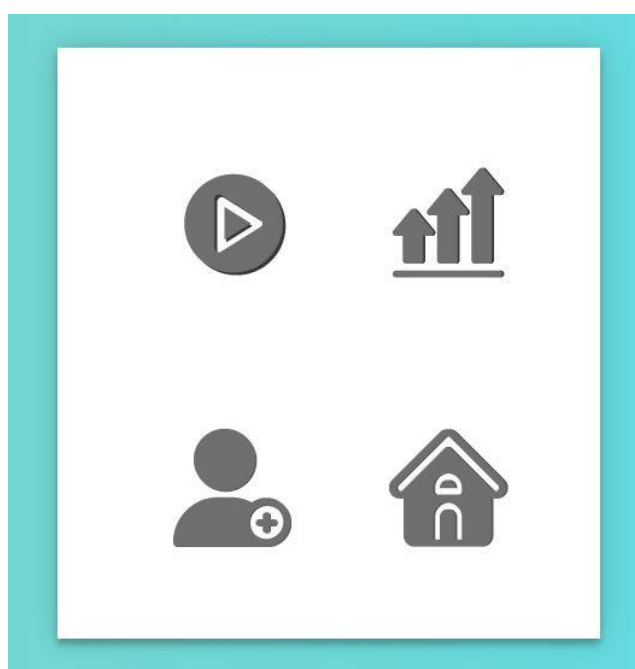


*Figura 19* Interfaccia Gioco 2



**Figura 21** Interfaccia Gioco 3

Al terapeuta che accede per la prima volta all'*area tutor* viene presentato il modulo di login per inserire le proprie credenziali di accesso: username e password. Da qui, se l'autenticazione ha successo, il terapeuta può scegliere di giocare, di aggiungere nuovi pazienti e di accedere ai dati di performance dei bambini a lui associati attraverso una pagina che gli permette di filtrare i dati selezionando: il bambino da controllare, il periodo di interesse (le date di inizio e fine del training) e il gioco che vuole monitorare.



**Figura 22** Interfaccia Area Tutor



Ciao **FRANCESCA**. Qui puoi trovare i dati dei tuoi bambini. Scegli il bambino dal menu a tendina, poi seleziona il periodo di riferimento e il gioco che ti interessa monitorare

**Bambino**

LUDOVICA

**Periodo**

Da 2017-05-12

A 2017-11-09

**Modulo Gioco**

Seleziona

Mostra i Dati

**Figura 23** Interfaccia di selezione utente da controllare

Dopo aver filtrato i dati da visualizzare il tutor ha accesso allo storico di gioco del bambino (figura 26).

Ciao **FRANCESCA**. Qui sono mostrati i dati relativi ai giochi fatti dal tuo bambino **LUDOVICA**.

DATA	GIOCO	CORRETTI	ERRATI
2017-11-08 14:41:48	<b>Esplosivo</b>	3	1
2017-11-08 14:42:28	<b>Esplosivo</b>	0	1
2017-11-08 14:42:36	<b>Esplosivo</b>	2	1
2017-11-08 14:43:12	<b>Esplosivo</b>	0	0

**Figura 24** Interfaccia Storico utente

### 5.3.1 Strumenti utilizzati per la realizzazione delle interfacce grafiche

I linguaggi utilizzati per realizzare le interfacce grafiche sono stati HTML e CSS, mentre per la creazione degli elementi grafici di gioco si è utilizzato Adobe Illustrator. In alcuni casi sono state utilizzate le risorse grafiche a licenza libera del sito [freepick.com](http://freepick.com).

L'HTML<sup>12</sup> è il linguaggio lato client più utilizzato per i documenti ipertestuali. Non si tratta propriamente di un linguaggio di programmazione, infatti il suo stesso acronimo definisce l'HyperText Markup Language come un linguaggio di markup nato per la formattazione e impaginazione dei documenti ipertestuali presenti nel Web.

Un documento HTML inizia con il DOCTYPE che specifica la tipologia di documento al browser. Il termine doctype, infatti, è la contrazione di Document Type Declaration (DTD) e consiste in una dichiarazione contenente informazioni come il linguaggio utilizzato, la versione di tale linguaggio, la lingua e altro ancora. Dopo il DTD, il documento HTML presenta una struttura ad albero annidato composta da sezioni delimitate da tag opportuni che al loro interno contengono a loro volta sottosezioni più piccole sempre delimitate da tag: la prima struttura che delimita la restante parte del documento è compresa fra i tag `<html>` e `</html>`; all'interno di questa vi è un'intestazione (header), delimitata dai tag `<head>` e `</head>` contenente soprattutto informazioni di controllo; all'intestazione segue il corpo (body), delimitato dai tag `<body>` e `</body>` e contenente, all'interno di tag specifici, tutti quegli elementi visualizzati sullo schermo dell'utente come testo, immagini e link

Nel corso degli anni si sono sviluppate diverse versioni di questo linguaggio di markup, l'ultima è la versione numero 5.

Il CSS<sup>13</sup> (Cascading Style Sheets o Fogli di stile) è un linguaggio usato per definire la formattazione di documenti HTML, XHTML e XML all'interno di pagine web. L'introduzione del CSS si è resa necessaria per separare i contenuti dalla formattazione e permettere una programmazione più chiara e facile da utilizzare, sia per gli autori delle pagine HTML che per gli utenti.

---

<sup>12</sup> <http://www.html.it>

<sup>13</sup> <https://www.w3schools.com/css/>

Esistono tre tipi di fogli di stile CSS:

- Fogli di *stile interni*: vengono assegnati direttamente all'interno del documento HTML e di controllare quindi l'aspetto di una singola pagina. Si tratta di un insieme di definizioni di stile inserite all'interno del tag `<style>` a sua volta posizionato nel tag `<head>` del documento. Tali fogli di stile, influenzando su una sola pagina, non sono adatti ad un sito web o ad un'applicazione costituita da più pagine;
- Fogli di *stile in linea*: sono concettualmente molto vicini alle regole dell'HTML classico, in quanto agiscono su singole istanze all'interno della pagina, cioè agiscono sui singoli marcatori del documento, senza influenzare il resto della pagina;
- Fogli di *stile esterni*: vengono raggruppati in un unico documento indipendente dal resto delle pagine del sito, e da queste semplicemente richiamati con una riga di codice inserito dentro il tag `<link>` contenuto nell'`<head>` del documento;

Per lo sviluppo di applicativi web vengono di sovente utilizzati fogli di stile esterni proprio per la loro peculiarità di far sì che una modifica di presentazione fatta in un unico file si ripercuota a tutti i documenti che ne fanno riferimento permettendo di agevolare notevolmente il lavoro di revisione e mantenimento delle pagine di un'applicazione Web.

## **CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI**

Questa tesi, realizzata in collaborazione con il gruppo di ricerca dell'Istituto di Informatica e Telematica del CNR di PISA, descrive la realizzazione di una piattaforma dedicata al potenziamento della memoria di lavoro in soggetti con deficit a carico di quest'ultima attraverso esercizi riabilitativi presentati all'utente sotto forma di videogiochi.

L'obiettivo è stato quello di ottenere un sistema che sopperisse alle carenze evidenziate dall'analisi delle attuali soluzioni commerciali. In particolare, la piattaforma è stata ideata e in seguito realizzata in modo da offrire la possibilità ai pazienti di esercitarsi in autonomia attraverso esercizi riabilitativi divertenti e interessanti; inoltre, per la sua implementazione sono state usate librerie gratuite di libero utilizzo al fine di poter offrire un sistema anch'esso gratuito.

L'applicazione comprende tre videogiochi che sono stati sviluppati rispettando i comuni principi di game design e sono basati sugli esercizi riabilitativi selezionati attraverso un'accurata analisi della letteratura esistente e dei software già disponibili in commercio.

Una parte non secondaria è il monitoraggio delle attività svolte, infatti l'applicazione descritta comprende una sezione di base per il controllo delle performance di gioco.

Abbiamo constatato che nel realizzare videogiochi di riabilitazione per soggetti con disturbi dell'apprendimento e disturbi dell'attenzione bisogna porre grande attenzione nell'introdurre animazioni ed effetti grafici che potrebbero interferire con la componente riabilitativa, disturbando la concentrazione dei giocatori. Potremo avere una conferma sull'effettiva efficacia riabilitativa dei nostri videogiochi una volta che saranno fatti dei test sul suo utilizzo per un periodo adeguato.

Abbiamo sviluppato la piattaforma con criteri di espandibilità e flessibilità, prevedendo che in futuro possa essere ampliata e migliorata. Ad esempio potrebbe rivelarsi utile aggiungere nuovi game alla piattaforma con ambientazioni ed elementi nuovi, così da

arricchire l'esperienza di gioco per i pazienti. Si prevede inoltre la possibilità di personalizzare il livello di difficoltà dei videogame da parte de terapeuta in modo da non creare frustrazione nel bambino. Inoltre esistono ampi margini di arricchimento dell'esperienza di gioco, non realizzati in questa tesi quali per esempio la possibilità di gestione di punteggi e premi tipici della *gamification*.

## BIBLIOGRAFIA

- Nixon , M., & Howard, A. (2013). Applying gaming principles to virtual environments. *Systems, Man, and Cybernetics*, 3430–3435.
- Anolli, L., & Legrenzi , P. (2012). *Psicologia generale*. Il Mulino.
- Baddeley , A., Emsile, H., Kolodny, J., & Ducan, J. (1998, Novembre). Random generation and the executive control of working memory. *Q. J. Exp Psychol A*, 51(4).
- Baddeley, A. (1986). *Working Memory*. Oxford: Oxford University Press.
- Baddeley, A. D. (2000, novembre). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417-423.
- Barnett, & Ceci. (2002). When and where do we apply what we learn? A taxonomy for far transfer. *Psychological Bulletin*, 128, 612–637.
- Besio, S. (2005). *Tecnologie assistive per la disabilità*. Pensa Multimedia.
- Bottiroli, S., Cavallini, E., & Vecchi, T. (2008). ). Long-term effects of memory training in the elderly: a longitudinal study. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 47, 277-289.
- Changeux, J.-P. (1988). *Molécule et mémoire*. Parigi.
- Chooi, W. T., & Tompson, L. A. (2012). Working memory training does not improve intelligence in healthy young adults. *Intelligence*, 40, 531-542.
- Dahlin, e. a. (2008). Transfer of learning after updating training mediated by the striatum. *Science*, 320, 1510-1512.
- Derwinger A, Stigsdotter Neely A, & Bäckman L. (2005, Marzo). Design your own memory strategies! Self-generated strategy training versus mnemonic training in old age: an 8-month follow-up. *Neuropsychol Rehabil*, 15, 37-54.

- Duckett, J., Ruppert, G., & Moore, J. (2014.). JavaScript & JQuery: Interactive Front-end Web Development. Indianapolis: Wiley.
- Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Jonides, J., & Shah, P. (2011). Short-and long-term benefits of cognitive training. *PNAS*, 10081-10086.
- Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Jonides, J., & Perr, W. (2008). Improving fluid intelligence with training on working memory. . *Proceeding of National Accademy of Science*, 105, 6829-6833.
- Klingber, T. (2010). Training and plasticity of working memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 14, 317-324.
- Klingberg, T. (2005). Computerized training of working memory in children with ADHD – A randomized, controlled, trial. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 44, 177-186.
- Klingberg, T., Forssberg, H., & Westerberg, H. (2002). Training of working memory in children with ADHD. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 24, 781-790.
- Lanfanchi, S., Jerman, E., Dal Pont, E., Alberti, A., & Vianello, R. (2010). Excutive function in adolescents with Down Syndrome. *Jurnal of Intellectual Disability Research*, 54, 308-319.
- MacDonald, J., & Buckley, S. (1996). The effect of a short training in the use of rehearsal strategy on memory for words and picture in children with Down syndrome. *Down Syndrome Research and Practice*, 4(2), 70-78.
- Mader, S., Natikin, S., & Levieux, G. (2012). How to analyse Therapeutic game: The player/game /Therapy Model. *Lecture Notes in Computer Science*, 193-206.
- McNamara, D., & Scott, J. (2001). Working memory capacity and strategy use. *Memory & Cognition*, 29, 10-17.

- Melby-Lervåg, M., & Hulme, C. (2012). Is working memory training effective? A Meta-Analytic Review. *Developmental Psychology* . doi:10.1037/a0028228
- Miller, G. (1956). *The Magical Number Seven, Plus or Minus Two*.
- Morrison , & Chein. (2011). Does working memory training work? The promise and challenges of enhancing cognition by training working memory. . *Psychonomic Bulletin & Review*, 46-60.
- Pier J.M. Prins, S. D. (2011). Does Computerized Working Memory Training with Game Elements Enhance Motivation and Training Efficacy In Children with ADHD. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 14(3). doi:10.1089/cyber.2009.0206
- Shipsterd , Redick, & Engle. (2010). Does working memory training generalize? *Psychologica Belgica*, 50, 245-276.
- Slagter, H. A. (2012). Conventional working memory training may not improve intelligence. *Trends in Cognitive Science*, 16, 582-583.
- TAP. (2015). TAP. Tech and Play: Exploring Play and Creativity in Pre-Schoolers' Use of Apps.
- Turley-Ames , K., & Whitfield, M. M. (2003). Strategy training and working memory task performance. *Journal of Memory and Language*, 49, 446-468.
- Westerberg , H., Hirvikoski, T., Forssberg, H., & Klingberg, T. (2004). Visuo-Spatial Working Memory Span: A sensitive Measure of Cognitive Deficits in Children With ADHD. *Child Neuropsychology*, 10(3), 155-161.



## **SITOGRAFIA**

Yeeply, vantaggi-e-svantaggi-web-app, <https://it.yeeply.com/blog/vantaggi-e-svantaggi-web-app> (visitato il 10 ottobre 2017)

Metaintelligenze, La memoria di lavoro, <https://www.metaintelligenze.it/la-memoria-di-lavoro-un-sistema-on-line> (visitato il 5 ottobre 2017)

Training Cognitivo, Memoria di Lavoro e Training <http://www.trainingcognitivo.it/> (visitato il 6 ottobre 2017)