Politecnico di Milano
Scuola di Ingegneria Industriale e dell'Informazione
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Informatica
Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria

Serious Game per il Trattamento personalizzato della dislessia: una piattaforma per pazienti e terapisti

Relatore: Prof. Pier Luca LANZI
Correlatrice: Dott.ssa Elisa SOMASCHINI

Tesi di laurea di:
Guido GEROSA Matr. 804782

Anno Accademico 2014–2015

Ringraziamenti

Ringrazio il prof. Pier Luca Lanzi e la dott.ssa Elisa Somaschini per avermi proposto per la tesi un progetto interessante e socialmente utile.

Ringrazio di cuore il prof. Dotto per i preziosi consigli che mi ha fornito per la stesura di questa tesi.

Ringrazio la mia famiglia e Lara, che mi hanno incoraggiato e supportato durante lo svolgimento del progetto.

Infine ringrazio nuovamente la mia famiglia, specialmente nonna Amelia e zia Patrizia, per il sostegno ricevuto in questi ultimi anni.

Sommario

La dislessia è un disturbo che rende la lettura un compito difficile per molti bambini. Nel corso degli anni sono stati elaborati diversi trattamenti riabilitativi che hanno dimostrato come sia possibile ridurre gli effetti negativi di questo disturbo attraverso specifici esercizi svolti frequentemente e per lunghi periodi di tempo. Così come per altri disturbi e patologie, anche per la dislessia si è tentato con successo l'approccio alla riabilitazione attraverso dei serious game, ovvero giochi che affiancano una componente riabilitativa agli aspetti ludici e di intrattenimento, con l'obiettivo di rendere più piacevole il percorso di terapia.

In questa tesi descriviamo il lavoro svolto in collaborazione con una logopedista il cui obiettivo è stato la realizzazione di una piattaforma a basso costo che permetta ai terapisti di monitorare e personalizzare un trattamento riabilitativo attuato attraverso serious game.

Inizialmente abbiamo sviluppato un'applicazione multipiattaforma che comprende tre serious game destinati ai pazienti dislessici. I serious game sono stati programmati per registrare i dati relativi al loro utilizzo, e inoltre per far sì che alcune impostazioni di gioco possano essere modificate dai terapisti, così da personalizzare il trattamento. Queste personalizzazioni vengono effettuate dai terapisti attraverso un'apposita interfaccia di controllo, sviluppata come web application: essa permette inoltre di monitorare i dati rilevati durante le sessioni di gioco. Dopo aver adottato la nostra piattaforma, la logopedista ha notato che i serious game realizzati sono riusciti a mantenere i pazienti concentrati sulle attività di riabilitazione; inoltre le funzionalità di monitoraggio si sono rivelate particolarmente utili per identificare pattern di errori frequenti.

Indice

1 Introduzione **1**

2 La dislessia e i serious game **5**
2.1 Dislessia 5
2.1.1 Trattamenti 6
2.1.2 Stato dell'arte dei supporti tecnologici 7
2.2 Stato dell'arte dei serious game 8
2.2.1 Serious game per la dislessia 10
2.3 Considerazioni finali 10

3 Il nostro approccio **13**
3.1 Caratteristiche della Piattaforma 13
3.2 Architettura della piattaforma 14
3.3 Serious Game - Videogiochi per il Trattamento 16
3.4 Interfaccia di Controllo del Terapista 18
3.5 Back End 20

4 La progettazione dei serious game **23**
4.1 Caratteristiche dei serious game 23
4.2 Serious game di lettura 24
4.2.1 Svolgimento del gioco 24
4.2.2 Parametri personalizzabili 25
4.2.3 Dati raccolti 26
4.2.4 Migliorie apportate 26
4.3 Serious game di riconoscimento 27
4.3.1 Svolgimento del gioco 28
4.3.2 Parametri personalizzabili 29
4.3.3 Dati raccolti 29
4.3.4 Migliorie apportate 30
4.4 Serious game di riscrittura 30
4.4.1 Svolgimento del gioco 31
4.4.2 Parametri personalizzabili 31

4.4.3 Dati raccolti 31
4.4.4 Migliorie apportate 31

5 La realizzazione della piattaforma 33
5.1 Applicazione del paziente 33
5.1.1 Strumenti di sviluppo 34
5.1.2 Struttura e funzionamento 34
5.2 Interfaccia di controllo del terapista 35
5.2.1 Strumenti di sviluppo 36
5.2.2 Struttura e funzionamento 36
5.3 Back end 39

6 Conclusioni e sviluppi futuri 41

Bibliografia 44

A Parole e sillabe per i videogiochi di riconoscimento e riscrittura 45

B Racconti inclusi nel videogioco di lettura 49
B.1 Il brutto anatroccolo 49
B.2 Caduto dall'asino 52
B.3 La cicala e la formica 52
B.4 Il grande elefante 53
B.5 La principessa sul pisello 53
B.6 Raperonzolo 54
B.7 La vispa Teresa 57
B.8 La zanzara e il leone 57

Elenco delle figure

3.1 Architettura della piattaforma 15

4.1 Fasi del gioco di lettura 25
4.2 Esempio del caso in cui comparivano due row-eater nella stessa pagina 27
4.3 Diagramma di flusso che descrive l'esercizio di riconoscimento 28
4.4 Schermata iniziale del serious game di riconoscimento 28
4.5 Schermata iniziale del serious game di riscrittura 31

5.1 Struttura dell'applicazione dei pazienti 35
5.2 Home page del terapista 37
5.3 Sezione dedicata al videogioco di lettura 38
5.4 Sezione dedicata al videogioco di riconoscimento 39

Capitolo 1

Introduzione

La dislessia è un disturbo che si manifesta in alcuni bambini fin dai primi anni di scuola con una difficoltà nell'imparare a leggere e coinvolge una quantità di persone stimata tra il 5% e il 17% della popolazione scolastica. Nel corso degli anni, molti professionisti hanno proposto trattamenti riabilitativi dimostrando che è possibile accrescere sensibilmente la velocità di lettura dei soggetti dislessici, purché tali trattamenti siano svolti frequentemente e per lunghi periodi di tempo (come spesso accade per i trattamenti riabilitativi in generale). Esistono tre categorie di supporti tecnologici dedicati ai soggetti con dislessia: supporti compensativi (che hanno lo scopo di agevolare la lettura), supporti pre-diagnosi (che hanno l'obiettivo di individuare una possibile situazione di dislessia) e supporti al trattamento; la piattaforma che abbiamo realizzato appartiene proprio a quest'ultima categoria.

In molti casi di riabilitazione esistono supporti tecnologici che si presentano in forma di serious game: si tratta di videogiochi che affiancano una componente riabilitativa agli aspetti ludici e di intrattenimento, talvolta sfruttando particolari periferiche di input quali sensori di posizione o di movimento. Diversi studi hanno dimostrato l'efficacia di trattamenti riabilitativi esercitati attraverso serious game; rispetto agli esercizi riabilitativi classici, questi ultimi si sono rivelati particolarmente adatti nel destare l'interesse dei pazienti, che sono apparsi quindi più disponibili a esercitarsi e meno propensi ad abbandonare l'attività di riabilitazione. Molti videogiochi per il trattamento della dislessia sono stati sviluppati sia in ambito di ricerca sia come vere e proprie soluzioni commerciali.

Per elaborare questa tesi abbiamo lavorato a stretto contatto con una logopedista, la quale ha evidenziato alcune carenze nelle soluzioni commerciali esistenti e da lei adottate per il trattamento della dislessia. Il primo difetto da lei sottolineato riguarda il fatto che la maggior parte dei software per il trattamento in italiano non sono destinati all'uso autonomo da parte dei pazienti, il che va a discapito di un esercizio frequente. Il secondo difetto è dato dalla scarsa presenza di elementi che incoraggino e interessino il paziente, che finisce quindi per sentirsi demotivato. Infine l'elevato

costo delle soluzioni commerciali esistenti, sommato ai costi delle sedute di terapia, ne scoraggia l'adozione.

In questa tesi ci siamo quindi posti l'obiettivo di realizzare una piattaforma che colmasse le lacune dei software esistenti. Abbiamo organizzato diversi incontri con la nostra logopedista di riferimento allo scopo di definire con precisione i requisiti della piattaforma. Le funzionalità indispensabili riguardavano la possibilità di monitorare e di personalizzare gli esercizi di riabilitazione, sia durante le sedute di terapia, sia al di fuori di esse, così da permettere ai terapisti di seguire i propri pazienti con maggiore frequenza. Nel corso di successivi incontri con la logopedista si è discusso degli esercizi di riabilitazione e di quali componenti ludiche corredarli. Durante queste discussioni sono stati definiti gli esercizi riabilitativi che abbiamo trasposto in tre videogiochi.

Una volta definita la componente riabilitativa dei videogiochi, ci siamo dedicati all'esigenza di introdurre elementi ricreativi per i pazienti: abbiamo seguito i comuni principi di progettazione dei videogiochi e abbiamo adottato un approccio iterativo per lo sviluppo, sfruttando i feedback della logopedista e dei suoi pazienti, per affinare di volta in volta l'esperienza di gioco. Abbiamo constatato che nel realizzare videogiochi per soggetti dislessici assume particolare importanza il ruolo delle animazioni: queste devono sì rendere l'esperienza di gioco piacevole, ma devono essere tali da non interferire con gli esercizi di riabilitazione, che richiedono da parte dei giocatori la massima concentrazione visiva. A questo proposito, si è rivelato decisivo l'uso di effetti sonori, che consente di comunicare alcune informazioni di gioco senza utilizzare elementi grafici. Alla fine di ogni sessione di gioco viene mostrata al paziente una valutazione basata su una scala di dodici stelle: la logopedista ha constatato che per i pazienti le stelle rappresentano una sorta di premio che li stimola a giocare nuovamente per ottenerne di più.

Il primo videogioco che abbiamo realizzato ha lo scopo di esercitare la lettura di testi: al giocatore vengono presentati diversi racconti facendo in modo che le parole scompaiano progressivamente dallo schermo. La velocità con cui le parole scompaiono è un parametro regolato dal terapista, che in questo modo può imporre una velocità minima ai pazienti. Il secondo videogioco si basa su un esercizio in grado di supportare e aumentare le abilità sublessicali dei pazienti, quelle che permettono di riconoscere sillabe o intere parole in tempi brevi. Proprio per sottolineare che è la velocità l'obiettivo di questo esercizio, il videogioco si svolge nel contesto di una gara automobilistica: dopo che al paziente viene mostrata per breve tempo una sillaba o una parola, egli deve riconoscerla in mezzo a tre opzioni; l'esercizio viene poi ripetuto per un numero di volte definito dal terapista. Il terzo gioco è quasi uguale al precedente, con la differenza che al paziente è richiesto di riscrivere la sillaba o parola mostratagli, anziché semplicemente riconoscerla: questo gioco è stato pensato per esercitare nei pazienti l'abilità di scrittura mediante tastiera, che spesso risulta

per loro un'attività lenta e difficoltosa.

Contemporaneamente allo sviluppo dei videogiochi, dopo aver definito i requisiti della piattaforma ne abbiamo iniziato la progettazione, partendo dalla sua architettura. Questa prevede l'interazione di tre componenti: un'applicazione multipiattaforma dedicata ai pazienti, un'interfaccia di controllo destinata ai terapisti e un back end, un sistema remoto per l'archiviazione dei dati di monitoraggio e personalizzazione dei trattamenti.

L'applicazione dedicata ai pazienti contiene i tre videogiochi ed è stata realizzata in modo da nascondere il più possibile gli aspetti estranei all'attività ludica. Ognuno dei videogiochi, oltre ad esercitare un trattamento riabilitativo sul giocatore, raccoglie dati sulle sessioni di gioco e può essere personalizzato dai terapisti in via remota.

L'applicazione dedicata ai terapisti consiste in un'interfaccia di controllo per il monitoraggio dei dati raccolti dai videogiochi e la personalizzazione di questi ultimi. In particolare essa permette di avere un punto di vista qualitativo sui progressi o su eventuali regressioni dei singoli pazienti e dà la possibilità di identificare pattern di errori comuni da loro commessi. Su queste informazioni si basano i terapisti per migliorare il trattamento.

Il back end nella nostra piattaforma può essere descritto come un servizio remoto che espone operazioni di scrittura e lettura di dati su un database centralizzato: questo rende possibile la comunicazione asincrona tra l'applicazione del paziente e l'interfaccia del terapista, che hanno la necessità di scambiarsi i dati di monitoraggio e di personalizzazione dei videogiochi. Poiché la realizzazione di un back end dedicato avrebbe comportato notevoli costi, abbiamo scelto di adottare un economico servizio cloud di Data as a Service.

La logopedista con cui abbiamo collaborato ha effettuato dei test sulla piattaforma e ci ha fornito i feedback grazie ai quali è stato possibile apportare alcune migliorie, soprattutto per quanto riguarda i videogiochi. L'efficacia della nostra piattaforma come mezzo riabilitativo potrà essere valutata dopo che saranno trascorsi sei mesi dalla sua adozione.

La tesi è strutturata nel modo seguente. Nel Capitolo 2 presentiamo la dislessia illustrandone cause, conseguenze e trattamenti; successivamente presentiamo i serious game, evidenziando come questi possano rappresentare un valido strumento di riabilitazione in molte patologie o disturbi, ivi compresa la dislessia. Nel Capitolo 3 prendiamo in esame i requisiti stabiliti per la realizzazione della piattaforma e le linee guida che abbiamo adottato durante la progettazione e lo sviluppo. Nel Capitolo 4 descriviamo nel dettaglio i serious game realizzati per la piattaforma, specificando per ognuno le personalizzazioni applicabili, i dati che raccolgono durante le sessioni di gioco e l'evoluzione che hanno subito attraverso le iterazioni del ciclo di sviluppo. Nel Capitolo 5 ci occupiamo in particolare della realizzazione dei tre componenti

della piattaforma (applicazione del paziente, interfaccia del terapista, back end) e del loro funzionamento. Infine, nel Capitolo 6 esponiamo le conclusioni che abbiamo tratto da questo lavoro, indicando possibili sviluppi futuri.

Capitolo 2

La dislessia e i serious game

La dislessia è un disturbo che si manifesta fin dai primi anni di scuola primaria e che comporta difficoltà sia nell'imparare a leggere sia nel trasformare la decodifica in un automatismo. In particolare, le persone con dislessia trovano difficile decifrare i segni linguistici, dare una stabile corrispondenza grafema-fonema e fondere rapidamente le sillabe; di conseguenza necessitano di un alto livello di attivazione dell'attenzione. In questo capitolo presentiamo inizialmente una panoramica sulla dislessia descrivendone le cause, le conseguenze e i trattamenti riabilitativi. Successivamente viene presentata la situazione attuale per quanto riguarda i supporti tecnologici specifici per curare questo disturbo. Infine dedichiamo una sezione allo stato dell'arte dei serious game, approfondendo come questi possano rappresentare un valido mezzo per attuare trattamenti riabilitativi nei casi di dislessia.

2.1 Dislessia

La dislessia evolutiva, o semplicemente dislessia, rende la lettura un'operazione difficile e faticosa per una quantità di persone stimata tra il 5 e il 17% della popolazione scolastica [5]. È classificata come Disturbo Specifico dell'Apprendimento (DSA), ossia come deficit che, in presenza di capacità intellettive normali, adeguata scolarità e assenza di deficit sensoriali, compromette l'apprendimento colpendo una particolare abilità di base. Altri esempi di DSA sono la discalculia, la disgrafia e la disortografia, che riguardano rispettivamente le abilità di calcolo, di codifica e di corretta scrittura.

Questo disturbo nasce da una predisposizione genetica e da condizioni ambientali che favoriscono l'insorgenza di deficit neuropsicologici. Quando nei bambini si combinano deficit di natura fonologica, linguistica e attentiva ha origine la dislessia, che si può manifestare in varie forme: ad esempio alcuni soggetti dislessici hanno difficoltà nella decodifica dei grafemi, altri faticano ad associare ai grafemi il loro suono, altri ancora stentano a collegare fluidamente le sillabe.

La principale conseguenza per un dislessico si nota durante il percorso scolastico, quando leggere diventa indispensabile per integrare l'insegnamento condotto oralmente: infatti, la dislessia rallenta l'apprendimento ostacolando l'accesso ai contenuti dei libri di testo, che risulta sensibilmente più faticoso. Un altro effetto negativo è dato dal sentimento di rifiuto che alcuni bambini dislessici maturano verso la lettura, dovuto alla frustrazione e al senso di inadeguatezza che avvertono durante tale attività: ciò non fa altro che rendere l'apprendimento ancora più problematico, generando un circolo vizioso. Meno diffuso, ma comunque rilevante, è il caso di bambini che si vergognano della propria condizione e cercano di dissimularla, ad esempio rifiutandosi di usare gli strumenti compensativi a cui hanno diritto nello svolgimento delle attività scolastiche.

2.1.1 Trattamenti

Alcune persone denotano carenze delle funzioni motorie, cognitive o emozionali a causa di disturbi, patologie o traumi: i trattamenti riabilitativi, in generale, rappresentano il mezzo attraverso il quale questi soggetti, spesso assistiti da professionisti sanitari, possono ottenere una maggiore autonomia, compensando o riducendo le proprie carenze, con il risultato di migliorare la qualità della vita. Per quanto riguarda la dislessia, in letteratura è stata dimostrata l'efficacia di alcuni trattamenti che mirano ad aumentare la velocità e l'accuratezza nella lettura, ma purtroppo non esistono dati che dimostrino che questo disturbo possa essere completamente rimosso [1].

Evidenze scientifiche dimostrano che, nel caso della dislessia, la precocità e la tempestività dell'intervento clinico possono incidere sensibilmente sulla riduzione del disturbo [1, 2]. A questo proposito, la diagnosi della dislessia è possibile solo a partire dal secondo anno di scuola primaria, cioè quando i bambini hanno compiuto i primi passi nell'apprendimento della lettura. Tuttavia i deficit neuropsicologici che causano la dislessia sono già presenti in età prescolare e per questa ragione è possibile intervenire prima di una diagnosi vera e propria; quando si è in presenza di specifici fattori di rischio [1], quali ad esempio un'anestesia generale nei primi 4 anni di vita, una storia genitoriale con problemi di alcolismo o con dislessia conclamata, è auspicabile monitorare le capacità dei bambini già prima dei sei anni, così che si possa attuare quanto prima un eventuale trattamento.

Riguardo alle modalità con cui si svolge il trattamento, l'Istituto Superiore di Sanità [1], dopo un'analisi dei trattamenti sperimentati in letteratura, indica come priorità ugualmente importanti i miglioramenti della velocità e della correttezza nella lettura; suggerisce inoltre che i trattamenti siano volti a stimolare l'automatizzazione dei processi psicolinguistici di conversione tra testo scritto ed espressione orale. Nella pratica, il terapista è il responsabile della definizione del trattamento, che spesso è costituito da esercizi basati sulla lettura di sillabe e intere parole, imponendo

gradualmente una velocità di lettura crescente, senza però trascurare la correttezza dei pazienti durante la lettura.

L'efficacia di un trattamento per la dislessia può essere valutata tra i sei e i dodici mesi dopo l'inizio del programma di riabilitazione, verificando se le capacità del paziente hanno conseguito un miglioramento clinicamente significativo: l'obiettivo di molti terapisti, infatti, è di aumentare la velocità di lettura dei pazienti di 0,3 sillabe al secondo ogni trimestre, mentre l''evoluzione naturale in una situazione priva di trattamento sarebbe di 0,3 sillabe al secondo in un anno [15].

2.1.2 Stato dell'arte dei supporti tecnologici

Nel panorama dei supporti tecnologici destinati a soggetti dislessici si possono distinguere tre categorie: supporti compensativi, supporti pre-diagnosi e supporti al trattamento.

I supporti compensativi hanno l'obiettivo di sopperire ai deficit dovuti alla dislessia. In questa categoria troviamo applicazioni sia per computer sia per dispositivi mobili; molte di esse consistono in screen reader, software che, attraverso la sintesi vocale o con espedienti per evidenziare opportunamente le parole, accompagnano la lettura e suggeriscono la corretta decifrazione del testo. Alcuni di questi consentono l'uso di font specifici, progettati con lo scopo di rendere la lettura ancora più agevole; citiamo come esempio OpenDyslexic, un font open source dedicato a soggetti dislessici, che permette di facilitare la distinzione di lettere simili tra loro (p/q, n/m, a/e ecc.). In Italia esiste anche una soluzione commerciale chiamata EdiTouch, un tablet che si propone come una raccolta dei principali strumenti compensativi per i DSA, quali ad esempio un lettore di e-book, una calcolatrice e un software per la creazione di mappe mentali. Un altro prodotto italiano è rappresentato dai software realizzati da Anastasis: programmi per computer dedicati principalmente alla creazione di mappe mentali, alla sintesi vocale e al supporto per lo studio.

Nel contesto della dislessia, molti sforzi di ricerca vengono indirizzati allo studio delle fasi antecedenti la diagnosi: ad oggi, però, è ancora difficile prevedere l'insorgenza di questo disturbo e perciò la maggior parte dei supporti tecnologici pre-diagnosi non è ancora uscita dall'ambito della ricerca. Ad esempio, un gruppo di ricerca belga ha sviluppato un videogioco destinato a bambini potenzialmente dislessici [16]: è stata quindi studiata la possibilità di valutare la propensione alla dislessia attraverso la misurazione delle prestazioni del giocatore. Similmente, due articoli scientifici italiani [6, 8] riportano i risultati di un esperimento in cui è stata sottoposta a bambini in età prescolare una suite di videogiochi sviluppati ad-hoc: questi si sono dimostrati utili per sviluppare le abilità preposte alla lettura e individuare il rischio di dislessia nel giocatore.

Nella categoria dei supporti al trattamento citiamo Dyseggxia, un videogioco spagnolo disponibile per dispositivi mobili che si pone l'obiettivo di attenuare gli effetti

della dislessia: Rello et al. [13] hanno contribuito alla sua realizzazione elaborando esercizi specifici, in seguito scientificamente verificati. Alcuni ricercatori italiani [14] hanno compiuto delle ricerche sulla correlazione tra capacità ritmiche e capacità di lettura nei pazienti dislessici (già presa in esame da altri studi) creando appositi esercizi computerizzati: questi presentavano, a seconda dei casi, sillabe, parole o pseudo-parole con una cadenza regolare, scandita da segnali acustici. Questo tipo di esercizio si è rivelato particolarmente efficace, fornendo risultati apprezzabili già dopo quattro ore di trattamento distribuite su cinque settimane. Per quanto riguarda il mercato italiano, sono due le software house più note che producono supporti al trattamento: Erickson e Anastasis. La prima propone molti software che implementano esercizi riabilitativi per i DSA: alcuni di questi implicano la lettura di testi con alcune varianti quali ad esempio parole mancanti, temporizzazione delle frasi ed errori introdotti intenzionalmente. Altri software prodotti da Erickson per soggetti dislessici prevedono esercizi più specifici, diretti alla lettura di parole o sillabe isolate. Anastasis invece, già nominata come produttrice di software compensativi, ha collaborato alla creazione di un sistema più articolato per la riabilitazione dei DSA: Ridinet. Si tratta di un potente mezzo di supporto alla terapia che permette agli operatori sanitari di predisporre un trattamento a distanza, attraverso un programma per computer; il percorso riabilitativo così definito viene automaticamente trasmesso al paziente, il quale dispone a sua volta di un programma per praticare gli opportuni esercizi. Oltretutto Ridinet permette al terapista di visualizzare i dati riguardanti il comportamento del paziente nell'affrontare gli esercizi e quindi consente di valutare l'efficacia del trattamento in atto.

2.2 Stato dell'arte dei serious game

Alcuni dei software di supporto al trattamento sopra citati, in particolare Dyseggxia e alcuni software Erickson, corrispondono alla descrizione (tipologia dei?) di serious game, ossia giochi che affiancano al valore ricreativo una componente educativa o riabilitativa. Negli ultimi anni l'adozione di serious game, già da tempo in uso in ambiti militari e didattici, ha interessato anche l'ambito medico-sanitario [12].

Nel contesto della sanità, un serious game può essere utile come strumento di riabilitazione, ma anche come strumento di diagnosi o prevenzione, assumendo un valore rilevante nel contrastare patologie o disturbi di vario genere. Nel caso della riabilitazione tradizionale, infatti, spesso si richiede che i pazienti svolgano particolari esercizi frequentemente e per lunghi periodi di tempo: tuttavia il carattere ripetitivo di queste attività fa sì che, alla lunga, i pazienti si sentano sempre più demotivati o addirittura frustrati durante il percorso di riabilitazione, soprattutto qualora sia necessario esercitarsi autonomamente, senza la supervisione e l'incoraggiamento di un professionista sanitario.

La possibilità di attuare un trattamento riabilitativo per mezzo di attività più stimolanti ha quindi attirato l'interesse dei ricercatori, che hanno studiato i serious game da diversi punti di vista. Mader et al. [10] hanno proposto un modello per i serious game con finalità terapeutiche, con l'intento di fornire uno strumento utile ai progettisti di giochi per descrivere e analizzare le interazioni tra il giocatore, il gioco e il trattamento. Il modello prevede che il progettista analizzi dapprima il giocatore e il trattamento, verificando quali sono gli aspetti che comportano un beneficio per la salute del paziente; successivamente dev'essere presa in considerazione la relazione tra il trattamento e il gioco, distinguendo quali elementi di gioco hanno finalità terapeutiche e quali invece, rendendo attraente il gioco, sono atti a motivare il giocatore. Infine bisogna valutare il gioco dal punto di vista del giocatore, assicurandosi che risulti divertente e al contempo sicuro per la loro salute.

Dal punto di vista del coinvolgimento del paziente, Nixon e Howard [11] hanno dimostrato che gli stessi principi usati comunemente per molti giochi di successo possono essere usati nei serious game per suscitare interesse nei giocatori, facendoli sentire quindi più motivati a praticare la terapia. Il primo dei cinque principi che vengono indicati considera l'importanza di una trama interessante, che possa cioè suscitare curiosità nel giocatore. Oltre a ciò, durante le fasi di gioco è importante che il paziente abbia un feedback immediato che gli comunichi se le sue azioni sono corrette oppure no. È altresì molto utile premiare il giocatore, gratificandolo, poiché quest'azione rappresenta sia un incoraggiamento, sia uno stimolo che induce il paziente a desiderare risultati sempre migliori. Un altro aspetto che esalta la dimensione dell'intrattenimento del giocatore consiste nel fatto che questi dovrebbe essere invitato ad esplorare le sue possibilità all'interno dell' ambiente di gioco. Infine l'interfaccia utente gioca un ruolo fondamentale nel permettere tutto ciò e deve quindi risultare intuitiva e snella, così da consentire al giocatore di concentrarsi sull'attività di gioco (e quindi sugli esercizi).

Un altro aspetto interessante a questo proposito è dato dalla possibilità di sfruttare i recenti sviluppi tecnologici nel campo dell'interazione uomo-macchina per la realizzazione di serious game per la riabilitazione. Ciò è reso possibile anche grazie al basso costo di particolari periferiche di gioco che sono state introdotte sul mercato per scopi puramente ludici, ma che presentano una sensoristica tale da poter essere usati in diversi campi. Ad esempio, Gil et al. [9] hanno introdotto l'uso della Wii Balance Board[1] in tre serious game per la riabilitazione dell'equilibrio. Esistono purtroppo molti casi di soggetti con danni cerebrali post-parto (dovuti ad esempio ad attacchi cardiaci o forti traumi) nei quali il senso dell'equilibrio viene compromesso. Attraverso i serious game proposti da Gil et al. e con i dati raccolti durante

[1] Nintendo Wii Balance Board è un dispositivo di gioco simile a una bilancia, ma capace di misurare, oltre al peso dei soggetti che vi si posizionano sopra, anche la distribuzione di tale peso: attraverso queste misurazioni è possibile avere in tempo reale informazioni sulla postura assunta dai giocatori.

il susseguirsi delle sessioni di terapia, è stata dimostrata l'efficacia dei serious game e anche del particolare sistema di input adottato.

Borghese et al. hanno progettato e realizzato IGER [4], Intelligent Game Engine for Rehabilitation, un framework per lo sviluppo di videogiochi che introduce funzionalità di monitoraggio del giocatore, oltre ad includere le classiche funzionalità di rendering, animazione, rilevazione di collisioni ecc. Questo strumento è stato poi utilizzato per lo sviluppo di un sistema di riabilitazione domestico [3], includendo anche l'uso di Microsoft Kinect[2] come dispositivo di input.

2.2.1 Serious game per la dislessia

Molti studi sono stati condotti per capire quanto i serious game possano rivelarsi utili per i soggetti con dislessia.

Ad esempio, Franceschini et al. [7] hanno studiato l'effetto di alcuni videogiochi comuni su bambini dislessici. Nel loro studio è stato adottato un videogioco commerciale strutturato come una raccolta di minigiochi, alcuni dei quali possono essere considerati videogiochi d'azione, ossia che richiedono ai giocatori costante concentrazione e prontezza di riflessi. Nell'esperimento condotto, un gruppo di bambini con dislessia ha giocato per ottanta minuti al giorno, per un totale di dodici ore, con i soli videogiochi d'azione, mentre un altro gruppo analogo ha giocato per lo stesso tempo solamente con videogiochi non d'azione. I risultati dell'esperimento indicano che il gruppo che ha giocato con i videogiochi d'azione ha ottenuto un sensibile aumento della velocità di lettura, oltre che della loro attenzione; questi risultati vanno a sostegno delle recenti ipotesi che indicano proprio i disturbi dell'attenzione come fattori da cui ha origine la dislessia.

Un recente studio di Gaggi et al. [8] ha considerato l'uso di serious game con bambini in età prescolare e quindi non accompagnati da una diagnosi di dislessia: sono stati sviluppati tre videogiochi ad-hoc per l'esercizio dell'attenzione visuo-spaziale che potessero rappresentare un'attività quotidiana piacevole per bambini così piccoli. Lo studio è proseguito monitorando le attività dei bambini durante le sessioni di gioco; ne sono emerse informazioni utili per evidenziare anzitempo il rischio di una futura diagnosi di dislessia.

2.3 Considerazioni finali

I trattamenti riabilitativi per la dislessia hanno inizio quando l'età del paziente è compresa tra i sette e i dieci anni: in questo periodo della loro vita i pazienti hanno una grande familiarità con l'attività ludica e dunque i serious game rappresentano un

[2]Microsoft Kinect è un dispositivo dotato di telecamere lanciato sul mercato come dispositivo di gioco: posto davanti al giocatore esso permette di rilevarne la posizione e i movimenti con velocità e precisione.

ottimo mezzo attraverso il quale proporre loro un trattamento riabilitativo. Inoltre, a differenza di patologie più gravi in cui viene compromesso addirittura l'uso degli arti, la dislessia compromette solo l'attività di lettura: un serious game per il trattamento della dislessia non comporterebbe obbligatoriamente l'uso di particolari dispositivi di input, rendendone lo sviluppo meno vincolato e più agevole. Non sorprende quindi che in letteratura e sul mercato esistano serious game dedicati alla riabilitazione dei soggetti con dislessia.

Tuttavia, la logopedista con cui abbiamo collaborato ha evidenziato alcune carenze nelle soluzioni commerciali esistenti, da lei adottate durante le sedute di logopedia. Il primo difetto che è stato sottolineato riguarda il fatto che la maggior parte dei software per il trattamento in italiano sono destinati unicamente all'uso su computer. Infatti, essendo i pazienti molto giovani, spesso l'uso del computer è loro precluso e risulterebbe quindi impossibile per loro praticare esercizi computerizzati al di fuori delle sedute di terapia. Questo è un difetto notevole, soprattutto se si pensa che per i casi di dislessia valgono le considerazioni generali fatte sui trattamenti riabilitativi: essi risultano più efficaci se svolti frequentemente e l'esercizio autonomo avrebbe quindi un sicuro impatto positivo.

Il secondo difetto che la logopedista ha evidenziato riguarda la scarsa presenza di elementi gratificanti e incoraggianti per il paziente, che finirà quindi per sentirsi demotivato ad esercitarsi in tali condizioni.

La logopedista ha anche fatto presente che, ai fini della valutazione del paziente e del trattamento, sarebbe utile poter consultare i dati relativi ai diversi utilizzi dei software di riabilitazione, così da poter tracciare eventuali miglioramenti o peggioramenti. Questa possibilità è garantita ad oggi solo da Ridinet, il sistema sopra citato per il trattamento a distanza. Lo svantaggio principale di Ridinet è però l'elevato costo della licenza che, unitamente agli inevitabili costi delle sedute di terapia mono- o bi- settimanali, ne scoraggia l'adozione da parte di terapisti e pazienti.

Capitolo 3

Il nostro approccio

L'obiettivo di questa tesi è la realizzazione di una piattaforma dedicata ai pazienti dislessici e ai loro terapisti, piattaforma incentrata sul monitoraggio e sulla personalizzazione dei loro esercizi. Il nostro lavoro nasce dalla collaborazione con una logopedista, che ha stilato una lista di priorità terapeutiche e di requisiti a cui la piattaforma dovrebbe dare risposta. In questo capitolo illustriamo inizialmente le caratteristiche ritenute indispensabili per la piattaforma; successivamente vengono descritte nel dettaglio le linee guida adottate durante la progettazione della piattaforma e dei suoi componenti.

3.1 Caratteristiche della Piattaforma

Esistono, nel mercato del software, prodotti specifici dedicati al trattamento riabilitativo della dislessia, che presentano tuttavia, come è stato sottolineato, difetti e limitazioni che ne riducono l'efficacia e l'utilità effettiva. Molti terapisti infatti propongono l'uso di videogiochi specifici ai propri pazienti sia con finalità prettamente terapeutiche, sia allo scopo di valutare le loro abilità e i progressi compiuti durante i trattamenti riabilitativi. Nonostante l'efficacia terapeutica di questi videogiochi aumenti in base alla frequenza con cui vengono utilizzati, purtroppo sono rari i casi in cui essi risultano disponibili per i pazienti al di fuori delle sedute di terapia, il che va a discapito proprio di una pratica frequente.

La logopedista con cui abbiamo collaborato ha quindi suggerito che la piattaforma possa offrire videogiochi a scopo riabilitativo che possano essere usati autonomamente, anche al di fuori delle sedute di terapia, e che siano capaci di raccogliere dati sulle prestazioni dei pazienti. Ha contribuito, inoltre, alla relativa progettazione individuando per ciascuno di essi un esercizio riabilitativo specifico su cui basarsi e indicando quale genere di informazioni si dovesse ottenere automaticamente dall'attività svolta dai pazienti. Attraverso la piattaforma i terapisti dovranno quindi essere in grado di consultare questi dati e di personalizzare gli esercizi per i pazienti.

Durante gli incontri preliminari, la logopedista ha evidenziato l'importanza di mantenere costante l'attenzione dei pazienti durante l'esercizio. È stato osservato infatti che negli esercizi classici si può notare un calo di interesse e di concentrazione, dovuto alla ripetitività delle prove da sostenere. Da qui si è avvertita l'esigenza che i videogiochi della piattaforma presentino una forte componente ludica che costituisca un reale elemento di sfida per i pazienti, che sia in grado di mantenere elevato il loro livello di attenzione e che sia capace di suscitare in loro il desiderio di ottenere un risultato sempre migliore.

Per i terapisti, le sedute di terapia offrono l'opportunità di valutare i miglioramenti del paziente e sulla base di queste valutazioni essi orientano il trattamento in modo da aumentarne l'efficacia. La logopedista ha sottolineato che molti videogiochi pensati per il trattamento della dislessia mostrano le informazioni raccolte sulle prestazioni del paziente una volta conclusa la sessione di gioco, ma non ne mantengono uno storico: la nostra piattaforma invece dovrebbe consentire ai terapisti di consultare i dati raccolti dai videogiochi nel tempo, offrendo un punto di vista più ampio e dettagliato sull'efficacia della terapia.

La personalizzazione degli esercizi rappresenta un'esigenza importante per i terapisti e quindi va intesa come un requisito fondamentale per questo progetto. A questo proposito, si può notare che le attuali soluzioni commerciali consentono effettivamente di modificare alcuni parametri dei videogiochi e danno così la possibilità di variarne il grado di difficoltà: questa caratteristica permette ai terapisti di commisurare la difficoltà dell'esercizio alle abilità del paziente dopo un'attenta osservazione sulle sue capacità. È possibile però che il paziente, in assenza di controlli, effettui autonomamente tali modifiche. È importante prevenire questa eventualità poiché la personalizzazione dei videogiochi dev'essere attuata esclusivamente dal terapista, che conserva tale prerogativa anche in situazioni al di fuori delle sedute di terapia, ogni qualvolta ve ne sia la necessità.

Un ulteriore requisito che è stato individuato riguarda i costi: la logopedista ha accennato ad alcune soluzioni commerciali in grado di soddisfare parte dei requisiti sopra elencati; il costo di installazione tuttavia risulta molto elevato, soprattutto se si considera aggiunto al costo delle sedute di terapia da cui comunque non si può prescindere. La progettazione della piattaforma quindi è stata vincolata anche all'esigenza di ricercare una soluzione a basso costo, così da garantire ad un maggior numero di pazienti l'accesso al trattamento.

3.2 Architettura della piattaforma

Nella piattaforma che abbiamo progettato, terapisti e pazienti hanno ruoli e compiti nettamente disgiunti: questa caratteristica ci ha indotto a progettare due applicazioni distinte, una ad uso esclusivo dei pazienti, l'altra riservata ai terapisti. La

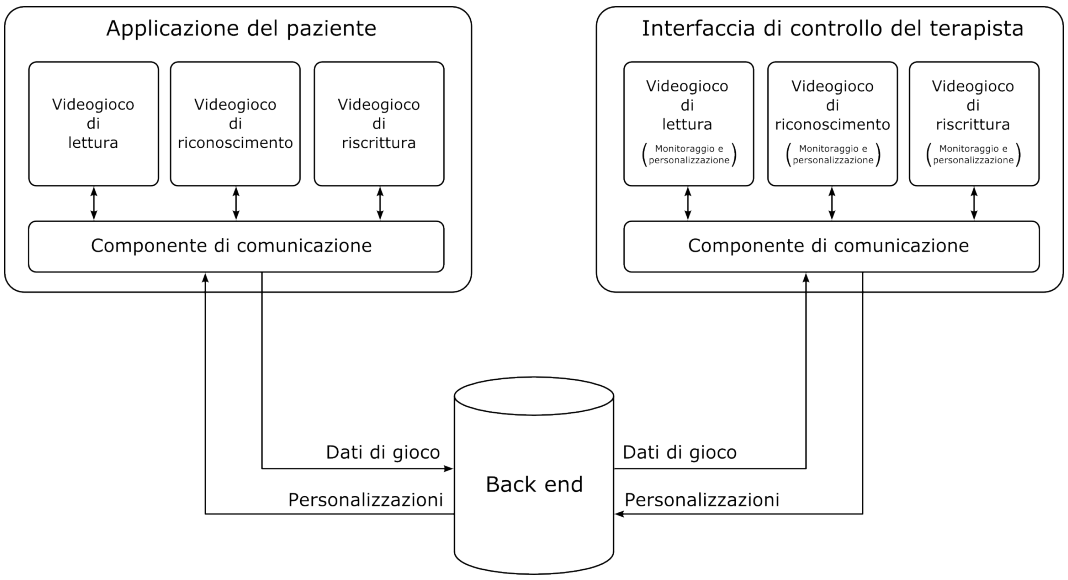


Figura 3.1: Architettura della piattaforma

prima consiste in una raccolta di esercizi riabilitativi in forma di videogioco, dei veri e propri "serious game"; la seconda consiste in un'interfaccia di controllo che permetta il monitoraggio e la personalizzazione dei videogiochi. È necessario che i due software possano essere usati indipendentemente: ad esempio i terapisti potrebbero personalizzare i videogiochi per i pazienti in un momento in cui questi ultimi sono impegnati altrove, per esempio a scuola; d'altro canto i pazienti potrebbero, giocando, generare dati di monitoraggio anche in momenti in cui il logopedista non ha accesso all'interfaccia di controllo. Per garantire l'indipendenza delle due applicazioni, abbiamo introdotto un terzo componente nell'architettura della piattaforma, un sistema centralizzato (da qui in avanti denominato back end) per l'archiviazione dei dati relativi a pazienti e terapisti, che fornisce una memoria comune su cui scrivere e leggere sia i dati di gioco, sia i dati di personalizzazione. L'adozione di un back end contenente i dati di tutti i pazienti e di tutti i terapisti introduce la necessità di gestire le modalità di accesso ai dati, vincolandole all'ambito di competenza dei singoli utenti. Infine, un back end remoto potrebbe non essere talora raggiungibile; ci siamo quindi preoccupati di questa eventualità, poiché un'interruzione della connessione tra il back end e l'applicazione dei pazienti rischierebbe di provocare la perdita di utili dati di monitoraggio.

Come illustrato in Figura 3.1, l'architettura prevede che le due applicazioni non comunichino mai direttamente l'una con l'altra: ciascuna di esse dovrà essere in grado di contattare autonomamente il back end. L'interfaccia di controllo del terapista leggerà i dati di gioco, li userà per visualizzare le informazioni relative alle prestazioni dei pazienti e comunicherà eventuali nuove personalizzazioni per i videogiochi, preparate dai terapisti. L'applicazione del paziente scaricherà dal back end la per-

sonalizzazione più recente caricata dal terapista e comunicherà ogni dato di gioco rilevato.

Per quanto riguarda il back end ci siamo concentrati sull'abbassamento dei costi a discapito degli aspetti prestazionali e di sicurezza. In vista di potenziali sviluppi futuri, abbiamo deciso di incapsulare le operazioni necessarie per comunicare col back end in opportuni componenti dell'applicazione per il paziente e dell'interfaccia per il terapista. Così facendo in futuro sarà possibile sostituire il back end con un sistema più sicuro o più performante riutilizzando la maggior parte del codice prodotto in questo lavoro.

3.3 Serious Game - Videogiochi per il Trattamento

Il termine serious game indica quei giochi che, oltre ad intrattenere i giocatori, contengono elementi educativi o, come nel nostro caso, riabilitativi. Il progetto della piattaforma prevede la realizzazione di un'applicazione che raccoglie tre serious game, ciascuno dei quali si basa su un apposito esercizio ideato dalla logopedista con cui abbiamo collaborato. L'età dei pazienti dislessici in trattamento è per lo più compresa nella fascia corrispondente alla "scuola dell'obbligo" e per questa ragione l'uso dei serious game si rivela particolarmente appropriato: a quest'età infatti la componente ludica inserita nella riabilitazione assume un ruolo decisivo nell'avvicinare i giovani pazienti al trattamento, poiché lo arricchisce di elementi graditi alla loro sensibilità.

La logopedista ci ha infatti confermato che gli attuali software per il trattamento della dislessia, spesso, sono proprio dei videogiochi, precisando però che molti di essi presentano difetti ricorrenti, come il fatto di risultare privi di una componente di sfida, noiosi: questo porta alla conseguenza che i pazienti li ritengono degli esercizi computerizzati, non più dei giochi, e tendono a distrarsi e perdere la concentrazione.

Un altro difetto individuato dalla logopedista riguarda la cattiva gestione di eventuali errori commessi dal giocatore: ad esempio, non sempre il paziente si accorge di avere sbagliato e di conseguenza non avverte la necessità di ripetere l'esercizio, mentre a volte non ne ha nemmeno la possibilità.

Abbiamo considerato queste problematiche durante la progettazione dei videogiochi, introducendo come requisiti sia il fatto che le fasi di gioco si susseguano rapidamente, allo scopo di mantenere alto il livello di attenzione dei pazienti durante le partite, sia il fatto che eventuali errori debbano essere segnalati ai pazienti, obbligandoli a correggersi e a migliorare così le proprie prestazioni.

I tre esercizi suggeriti per la realizzazione dei videogiochi mirano al trattamento della dislessia attraverso la stimolazione di tre abilità: la lettura di un testo, il riconoscimento di sillabe isolate o parole intere e la loro riscrittura. Gli esercizi sono concepiti per esercitare ed accrescere l'attenzione visiva selettiva, per consentire ai pazienti di concentrarsi sui grafemi e per stimolarli ad automatizzare il processo di

riconoscimento di lettere, sillabe e parole. Il primo esercizio, relativo all'abilità di lettura, consiste nel leggere un testo le cui parole scompaiono progressivamente ad una velocità preimpostata; l'obiettivo dell'esercizio è che il paziente riesca a velocizzare i tempi di lettura, senza errori od omissioni. Il secondo esercizio, relativo all'abilità di riconoscimento, si svolge in due fasi: dapprima il paziente deve leggere e memorizzare una parola o una sillaba che appare sullo schermo per una frazione di secondo; in seguito egli dovrà individuare la parola appena letta in un range di tre opzioni. Il terzo esercizio, relativo all'abilità di scrittura, richiede al paziente di riscrivere una parola che compare sullo schermo per una frazione di secondo: questo compito ha lo scopo di velocizzare il riconoscimento delle lettere sulla tastiera.

Introduciamo ora l'aspetto dei videogiochi relativo al monitoraggio dei pazienti, che è reso possibile da un'interazione di tipo client-server tra i videogiochi e il back end. Per ogni videogioco la logopedista ha indicato quali sono i dati da raccogliere durante le sessioni di gioco; essi possono riguardare ad esempio la velocità di lettura, i tempi medi di riconoscimento, le percentuali di errore, ecc. Affinché questi dati risultino disponibili al terapista anche al di fuori delle sedute, i videogiochi devono comunicare i dati rilevati al back end. Per far sì che il back end possa attribuire i dati così ricevuti al paziente che li ha generati, è previsto l'inserimento di un codice personale univoco (il Codice Paziente) all'avvio dell'applicazione. In tal modo diviene concretamente possibile autenticare i pazienti. Nel caso in cui un utente qualsiasi desideri provare l'applicazione senza essere registrato sulla piattaforma, e quindi senza disporre di un Codice Paziente, è stata prevista, anche a scopo dimostrativo, una modalità ospite, che permette di giocare con una personalizzazione predefinita e senza rilevazione dei dati d'utilizzo.

La comunicazione dei suddetti dati al back end avviene naturalmente tramite la connessione a internet e, poiché può capitare per varie ragioni che i dispositivi dei pazienti non siano connessi, abbiamo considerato in fase di progettazione anche il caso in cui il back end non sia raggiungibile. La soluzione adottata prevede che l'applicazione verifichi, a intervalli regolari, la connettività con il back end e, in caso affermativo, trasmetta a quest'ultimo tutti i dati accumulati. Nel caso in cui il back end non sia raggiungibile, invece, i dati vengono registrati nella memoria del dispositivo del paziente e trasmessi successivamente.

Per quanto riguarda l'interazione tra terapista e paziente, un altro requisito considerato in fase di progettazione consiste nella personalizzazione dei videogiochi. Al fine di rendere gli esercizi più efficaci, i terapisti devono avere la possibilità di regolare alcuni parametri dei videogiochi, adattandoli alle caratteristiche e alle capacità dei pazienti. La logopedista da noi interpellata ha indicato per ogni videogioco quali fossero a suo giudizio i parametri da calibrare e ha espresso la necessità di aggiornarli anche al di fuori delle sedute. Per far sì che i terapisti possano modificare le personalizzazioni per i pazienti in qualsiasi momento, l'applicazione deve poter contattare

periodicamente il back end, scaricando e applicando la personalizzazione più recente. I parametri che impongono la difficoltà dei videogiochi potranno essere regolati solo in questo modo e questo garantisce che il paziente non possa agire egli stesso su di essi, prerogativa che deve essere riconosciuta solo al terapista. Come per la trasmissione dei dati di gioco, anche nel caso del download delle nuove personalizzazioni, il back end potrebbe essere non raggiungibile: in questo caso l'applicazione dovrà inevitabilmente mantenere l'ultima personalizzazione valida usata.

Gli esercizi costituiscono la parte principale del trattamento della dislessia ed è importante che vengano svolti frequentemente affinché risultino efficaci. Per questa ragione, uno dei requisiti ritenuti imprescindibili dalla logopedista prevede che i pazienti possano esercitarsi anche a casa, al di fuori delle sedute di terapia. Inoltre, come abbiamo anticipato, un altro importante requisito da considerare riguarda il basso costo dell'applicazione. Per raggiungere quindi un maggior numero di pazienti e contemporaneamente abbassare i costi di installazione per il paziente, abbiamo adottato un approccio multipiattaforma, che ci permette di rendere l'applicazione compatibile con tablet, smartphone e computer, dispositivi molto diffusi e spesso già ampiamente in uso nelle famiglie dei pazienti. Tuttavia questo vantaggio rischia di tradursi in maggiori costi di sviluppo e manutenzione, laddove tutto questo comporti lo sviluppo di software differenziati a seconda del dispositivo; per ridurre tale impatto abbiamo sfruttato un framework specializzato per lo sviluppo di videogiochi, che automatizza le diverse procedure di compilazione di ciascuna piattaforma.

3.4 Interfaccia di Controllo del Terapista

L'interfaccia di controllo è il componente della piattaforma dedicato al terapista, che la usa per visualizzare le informazioni raccolte dai videogiochi e per modificarne i parametri, personalizzando gli esercizi dei propri pazienti: queste operazioni, come si è detto, sono rese possibili da un'interazione di tipo client-server con il back end.

La natura di questo componente del sistema è ben diversa da quella dei videogiochi in quanto non richiede interazioni real-time né animazioni; è incentrata piuttosto sulla visualizzazione di informazioni statiche e sulla personalizzazione di parametri specifici. Per la realizzazione dell'interfaccia di controllo quindi non abbiamo usato lo stesso framework adottato per lo sviluppo dei videogiochi, ma abbiamo optato per tecnologie web, con l'obiettivo di realizzare una web application da utilizzare tramite browser. Questo tipo di scelta ci consente di realizzare un'applicazione multipiattaforma basata su un'unica base di codice e quindi di limitare sia i costi di installazione per i terapisti, sia i costi di manutenzione e sviluppo.

Abbiamo progettato la web application in modo che fornisca ai terapisti tre pagine: la pagina di autenticazione, la pagina di selezione dei pazienti e la pagina del paziente. La pagina di autenticazione richiede che il terapista inserisca le proprie

credenziali per poter accedere al back end: questo passaggio consente alla web application di limitare le possibilità di intervento del terapista solo ed esclusivamente ai dati dei suoi pazienti. La pagina di selezione dei pazienti, accessibile solo previa autenticazione, mostra l'elenco dei pazienti che sono già stati iscritti al sistema dal terapista che ha effettuato l'accesso. Inoltre abbiamo previsto, in questa pagina, la possibilità di iscrivere nuovi pazienti al sistema. Infine, la pagina dedicata ai singoli pazienti, anch'essa accessibile previa autenticazione, contiene le informazioni rilevate automaticamente attraverso i videogiochi: sulla base di tali informazioni sarà possibile impostare un percorso personalizzato per le successive sessioni di gioco.

Le modalità di visualizzazione delle informazioni sui pazienti sono state concordate con la logopedista. È stato richiesto che l'interfaccia permettesse di individuare miglioramenti e/o peggioramenti dei pazienti nei singoli videogiochi. Abbiamo quindi suddiviso la pagina del paziente in tre sezioni, una per ogni esercizio, e in ognuna di esse abbiamo inserito un grafico che mostra due curve: una per rappresentare l'accuratezza del paziente nello svolgimento dell'attività e l'altra per rappresentare la sua velocità. Per i videogiochi di riconoscimento e di scrittura, inoltre, la logopedista ha richiesto che fosse resa possibile un'analisi più dettagliata: in particolare ha espresso la necessità di individuare quali parole e sillabe mostrano un maggior tasso di errore, qual è stato il tempo medio di riconoscimento e quali errori sono stati commessi. Con queste informazioni è possibile per i terapisti individuare pattern di errori frequenti sulla base dei quali indirizzare la riabilitazione. Infine, la logopedista ha tenuto a sottolineare che le informazioni visualizzate devono essere opportunamente calcolate sulla base dei dati più recenti; in particolare ci è stato chiesto di considerare solo i dati raccolti tra il giorno di accesso all'interfaccia e i quattordici giorni precedenti.

Le informazioni che è necessario visualizzare nella pagina del paziente sono ottenute processando i dati raccolti dai videogiochi e in fase di progettazione abbiamo valutato se fosse meglio implementare questi calcoli lato server, all'interno del back end, o lato client, all'interno della web application. L'implementazione sul back end implica un vantaggio rispetto alla quantità di dati da trasferire: infatti, le informazioni da visualizzare sono indici che riassumono i dati raccolti dai videogiochi e hanno quindi dimensioni minori rispetto a questi ultimi, in termini di byte. Inoltre, svolgere questi calcoli sul back end rende la web application più semplice e veloce. Al contrario, implementando i calcoli nella web application il back end risulterebbe più semplice e meno costoso, ma si ritroverebbe con una maggiore quantità di dati da trasferire. Inoltre, dal punto di vista architetturale, implementare i calcoli nella web application consente di incapsulare la logica di visualizzazione in un unico componente della piattaforma, caratteristica destinata ad influire positivamente sulla manutenibilità e, di conseguenza, sul costo della piattaforma. Per motivi di costo abbiamo scelto la seconda opzione, facendo sì che la web application richieda i dati di gioco al back end e ne calcoli le informazioni rilevanti sul dispositivo del terapista.

Riguardo alla personalizzazione dei videogiochi, la logopedista ha stilato una lista di parametri che devono essere calibrati attraverso l'interfaccia: ad esempio i terapisti devono poter scegliere quali testi sottoporre ai pazienti attraverso il gioco di lettura a seconda della loro lunghezza e difficoltà, devono poter regolare di tempi di apparizione delle parole nei giochi di riconoscimento e riscrittura, ecc. Nel momento in cui un terapista iscrive un nuovo paziente nel sistema, l'interfaccia dovrà generare automaticamente una personalizzazione predefinita e consentire al terapista di modificarne i dettagli in un secondo momento.

3.5 Back End

L'interazione tra l'interfaccia di controllo dei terapisti e l'applicazione del paziente non è mai diretta: nella nostra piattaforma tutti i dati scambiati tra questi due componenti vengono prima trasmessi al back end e solo in un secondo momento recuperati e letti. Sono due le ragioni che ci hanno spinto ad introdurre un back end che funga da intermediario nell'architettura della piattaforma. La prima riguarda la disponibilità della connessione tra paziente e terapista: per scambiare dati in assenza di un back end, i dispositivi del terapista e del paziente dovrebbero essere contemporaneamente accesi e connessi ad una stessa rete, penalizzando la fruibilità della piattaforma. La seconda riguarda le limitazioni tecniche di networking esistenti oggi nel caso in cui si voglia stabilire una connessione peer to peer tra due applicazioni: senza l'appoggio di un server esterno, infatti, sarebbe necessario richiedere agli utenti informazioni tecniche specifiche di cui non avrebbero piena competenza o a cui difficilmente potrebbero avere accesso (quali ad esempio gli indirizzi IP dei loro dispositivi o parametri di configurazione dei firewall).

Possiamo descrivere il back end come un servizio remoto che espone operazioni di scrittura e lettura di dati per permettere la comunicazione asincrona tra l'applicazione del paziente e l'interfaccia del terapista. Realizzare un back end di questo tipo appositamente per la nostra piattaforma comporterebbe notevoli costi di sviluppo e di manutenzione dei server, che abbiamo evitato scegliendo di adottare una soluzione commerciale di Data as a Service (DaaS). I servizi DaaS offrono uno spazio di archiviazione ed un'interfaccia di programmazione (API) che ne permette agevolmente l'accesso. Inoltre fanno parte della categoria dei servizi cloud, che sono spesso caratterizzati da alta disponibilità e affidabilità.

Dopo aver concordato con la logopedista i dettagli riguardanti i dati da registrare sulla piattaforma, abbiamo adottato il classico approccio relazionale, costruendo un modello entity-relation (ER) per strutturare tutti i dati relativi alla piattaforma. Abbiamo quindi ricercato una soluzione DaaS che fornisse innanzitutto un database relazionale; le altre caratteristiche che hanno orientato la scelta del servizio DaaS sono

state il costo del servizio, la qualità e la quantità della documentazione disponibile e la quantità di dispositivi supportati dall'API.

Capitolo 4

La progettazione dei serious game

La nostra piattaforma include tre videogiochi con un duplice obiettivo: da un lato essi devono rivelarsi efficaci ed incisivi nel trattamento della dislessia, dall'altro devono rendere l'attività di riabilitazione gradevole per i pazienti. Riferendoci a questi videogiochi possiamo quindi parlare di serious game, ossia giochi che hanno lo scopo sia di divertire i giocatori, sia di esercitare un trattamento riabilitativo su di essi.

In questo capitolo introduciamo le caratteristiche che hanno accomunato la progettazione dei tre serious game e successivamente descriviamo ognuno di essi, precisando l'esercizio su cui sono basati, la loro finalità terapeutica, le fasi di gioco, i parametri personalizzabili, i dati che vengono raccolti e le correzioni apportate in risposta ai difetti emersi durante le fasi di testing.

4.1 Caratteristiche dei serious game

Per far sì che i serious game fossero efficaci dal punto di vista della riabilitazione, la logopedista ci ha descritto gli esercizi che comunemente propone ai suoi pazienti e insieme abbiamo esaminato alcune ipotesi su come trasporre tali attività in forma di videogioco. Questa discussione ha quindi portato alla definizione di tre esercizi per aumentare l'attenzione visiva selettiva dei pazienti.

Una volta definiti i tre esercizi sulla cui base sviluppare i videogiochi, ci siamo dedicati all'esigenza di divertire i pazienti. Creare videogiochi divertenti non è semplice e spesso dipende anche dai gusti dei giocatori, dalle loro capacità e dal livello di difficoltà del gioco stesso. Infatti, l'esigenza di tarare la difficoltà del gioco in modo tale che non sia né troppo facile (e quindi noioso) né troppo difficile (e quindi frustrante) rappresenta una problematica che investe non solo i serious game, ma i giochi in generale. Nel nostro caso, tuttavia, la difficoltà dei videogiochi è una caratteristica variabile: il terapista può regolarla in modo tale che, per i giocatori, i nostri

videogiochi rappresentino sempre una sfida avvincente, mantenendo il trattamento efficace nel tempo.

Nonostante queste premesse sembrino garantire un risultato finale appropriato, è possibile che i videogiochi prodotti presentino difetti imprevedibili: questo perché noi, normo-lettori adulti, non possiamo prevedere tutte le difficoltà che potrebbero ostacolare un giovanissimo paziente con dislessia; tanto più che tale disturbo si manifesta con diverse sfaccettature e assume caratteri diversi a seconda dei soggetti. Abbiamo quindi adottato un metodo di sviluppo iterativo, basato sulla ripetizione ciclica e frequente delle fasi di analisi, progettazione, realizzazione e testing, che ci ha permesso di rispondere velocemente anche all'insorgere di problemi inaspettati.

4.2 Serious game di lettura

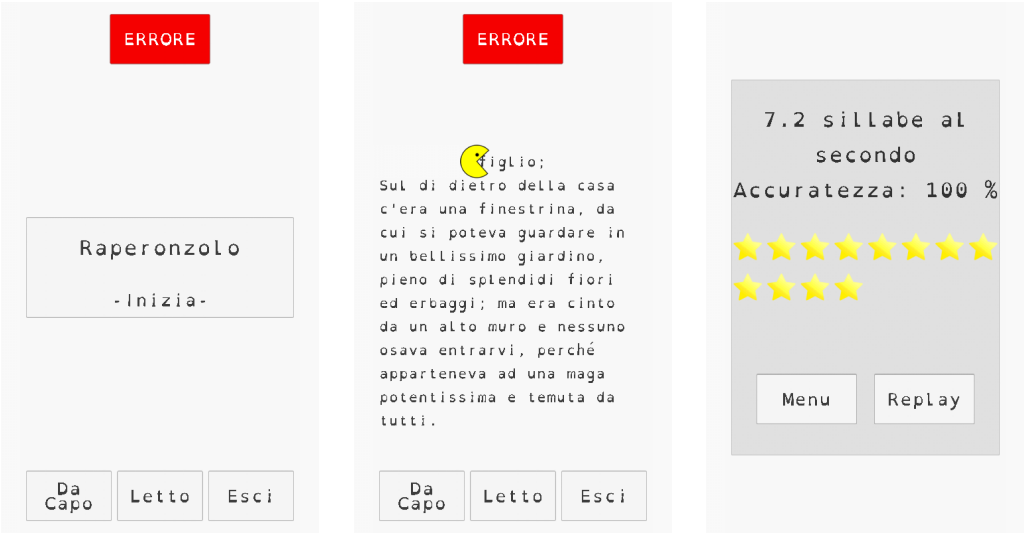
La finalità terapeutica perseguita attraverso questo videogioco consiste nell'aumentare la velocità di lettura di un testo generico. L'esercizio proposto dalla logopedista prevede che il paziente legga un racconto le cui parole vengono a mano a mano nascoste da sinistra verso destra e dall'alto verso il basso. Questo permette di imporre un determinato ritmo alla lettura del paziente, il quale sarà stimolato a leggere ad una velocità maggiore. Attraverso questo esercizio il paziente si ritroverà a velocizzare, se non automatizzare, i processi mentali di riconoscimento delle parole, affinando le sue capacità e rendendole più simili a quelle dei normolettori.

4.2.1 Svolgimento del gioco

Questo videogioco deve essere svolto sotto la supervisione di un adulto che segnalerà eventuali errori commessi dal paziente durante la lettura ad alta voce del testo. Le tre fasi di gioco sono illustrate nella Figura 4.1.

Inizialmente il videogioco presenta al giocatore un pulsante che comunica il titolo del brano proposto: premendolo il gioco ha inizio e sullo schermo compare la prima pagina del testo da leggere, composta da 15 righe ognuna delle quali è composta da 25 caratteri con font monospace[1]. Dopo un secondo dalla pressione del pulsante, entra in gioco un'animazione: un esserino giallo e tondo (da qui in avanti denominato row-eater) che, iniziando dalla prima parola del testo, prosegue verso destra "mangiando" (e quindi, nascondendo) quanto scritto. Non appena esso uscirà dallo schermo, un nuovo row-eater identico al precedente inizierà a nascondere la seconda riga allo stesso modo, e così via fino a che non sarà scomparsa tutta la pagina. Attraverso il pulsante *Letto*, il paziente potrà passare alla lettura della pagina successiva. Qualora invece il paziente non avesse una velocità di lettura sufficiente egli potrà ritentare

[1] Un font si dice monospace quando tutti i caratteri che lo compongono hanno lo stesso ingombro orizzontale: è stato dimostrato che i caratteri monospace, uniti ad un'ampia spaziatura tra le parole, possono facilitare la lettura da parte di soggetti con dislessia



(a) Inizio del gioco

(b) Fase di lettura

(c) Schermata di riepilogo e premiazione

Figura 4.1: Fasi del gioco di lettura

la lettura dello stesso testo attraverso il pulsante *Da Capo*, che riavvierà la lettura dalla prima pagina. Durante la lettura, inoltre, il supervisore è tenuto a premere il pulsante *Errore* per segnalare che il paziente ha commesso un errore durante la lettura.

Quando un paziente conclude la lettura dell'ultima pagina, premendo il pulsante *Letto*, il videogioco mostra una schermata di riepilogo che indica la velocità di lettura media, espressa in sillabe al secondo, e la percentuale di accuratezza, cioè il valore complementare alla percentuale di errore (calcolata rispetto al numero totale di parole del testo). Inoltre sulla base di tali valori viene data una valutazione su una scala di dodici stelle: voto minimo una stella, voto massimo dodici.

4.2.2 Parametri personalizzabili

Vi sono tre semplici personalizzazioni che possono essere attuate dal terapista per variare l'esperienza del gioco riguardante la lettura. La prima riguarda il carattere con cui viene mostrato il testo: il terapista può far sì che questo compaia con tutti i caratteri maiuscoli. Questa impostazione è molto utile ai terapisti, poiché agevola la pratica dell'esercizio per quei pazienti più giovani che ancora non hanno assimilato l'alfabeto scritto in stampatello minuscolo.

La seconda personalizzazione riguarda la velocità di scomparsa del testo: attraverso l'interfaccia del terapista è possibile stabilire la velocità con cui il row-eater avanza nel testo. Questo valore, espresso in secondi per carattere, di fatto impone una velocità di lettura minima che il paziente deve sostenere per poter leggere il testo prima che scompaia. Il terzo parametro attraverso il quale il terapista personalizza

l'esperienza di gioco è la lista dei testi che possono presentarsi al giocatore[2]: all'inizio del gioco, infatti, viene sorteggiato un brano tra quelli appartenenti a tale lista. Questa impostazione permette di introdurre varianti nell'attività di gioco e previene quei casi in cui i pazienti con buona memoria potrebbero imparare il testo e ripeterlo senza più leggere, vanificando lo scopo dell'esercizio.

Sottolineiamo che le prime due impostazioni influiscono direttamente sul grado di difficoltà del videogioco e sono perciò molto importanti per far sì che questo non risulti né troppo difficile né troppo facile per il paziente. Il terzo parametro, invece, non influisce direttamente sulla difficoltà dell'esercizio, ma è comunque utile per variare l'esperienza di gioco, similmente a quanto accade nei classici videogiochi in cui le stesse sfide vengono riproposte in ambientazioni diverse.

4.2.3 Dati raccolti

La logopedista ci ha spiegato che per i terapisti le informazioni più importanti riguardo un soggetto dislessico sono la sua velocità di lettura e il suo tasso di errore. In una sessione di gioco rileviamo esattamente questi due dati: il videogioco è programmato per cronometrare il tempo che intercorre tra l'istante in cui il giocatore dà inizio alla lettura e l'istante in cui la termina. Inoltre, nello stesso lasso di tempo viene rilevato il numero di pressioni del pulsante *Errore*. Questi due valori, unitamente al numero di parole e di sillabe del testo letto, ci permettono di calcolare la velocità media di lettura (espressa in sillabe al secondo) e il tasso d'errore (cioè il rapporto tra il numero di errori commessi e il numero di parole nel testo).

4.2.4 Migliorie apportate

Il videogioco incentrato sulla lettura, fin qui descritto, ha subito diversi cambiamenti rispetto alla versione iniziale: la logopedista aveva sottolineato quanto fosse importante per i giocatori concentrarsi solo sul testo e perciò abbiamo via via scartato molte idee che richiedessero la presenza di animazioni o di elementi estranei ai brani da leggere. Inizialmente abbiamo previsto che le parole si rimpicciolissero fino a sparire, una dopo l'altra, secondo opportune tempistiche. Fin dalle prime prove sui pazienti, però, la logopedista ha notato che la loro attenzione veniva continuamente deviata verso le parole che a poco a poco scomparivano; così la successiva versione presentava parole che scomparivano d'improvviso, senza transizioni. Anche questa versione però non era priva di problemi: appariva infatti poco stimolante per i pazienti, poiché privata dell'unica componente grafica tipicamente ludica; per questa ragione abbiamo deciso di introdurre il row-eater che, trascinandosi sulle righe con la bocca aperta, cancella progressivamente le parole del testo. Più precisamente, sulla base dei valori personalizzati dal terapista, ogni row-eater entrava in gioco non

[2] I testi inclusi nel videogioco di lettura sono riportate nell'Appendice B

Figura 4.2: Esempio del caso in cui comparivano due row-eater nella stessa pagina

appena il precedente aveva finito di "mangiare" la sua riga; in tal modo, in presenza di righe corte, cioè con poche parole, poteva verificarsi la presenza di due row-eater nella stessa schermata (Figura 4.2). Dalle successive prove effettuate dalla logopedista, si è capito che anche questa versione presentava un difetto: questa volta la concentrazione del paziente veniva disturbata nel momento in cui un secondo row-eater entrava in gioco, mentre il primo non era ancora uscito di scena. A questo punto abbiamo quindi rinunciato alla precisa temporizzazione dei row-eater, per far sì che essi comparissero sullo schermo rigorosamente uno per volta.

4.3 Serious game di riconoscimento

Per i normolettori il riconoscimento di sillabe e intere parole avviene automaticamente in meno di un secondo; quest'abilità conosce un primo sviluppo durante la fase di apprendimento della lettura ed è suscettibile di migliorare per un certo tempo. Per i soggetti con dislessia, invece, la maggior parte delle operazioni di decodifica non avvengono automaticamente, ma attraverso ragionamenti e sforzi mnemonici: l'obiettivo dell'esercizio alla base di questo videogioco è di allenare i giocatori in modo tale da ridurre i tempi di lettura per piccole successioni di lettere.

L'esercizio si svolge secondo il diagramma di flusso in Figura 4.3 e consiste nella ripetizione di una stessa prova: successivamente all'esposizione di una sillaba o una parola (da qui in avanti si userà a tale proposito il termine "item") per una frazione di secondo, al paziente vengono sottoposte tre opzioni ed egli dovrà riconoscere tra di esse l'item mostrato inizialmente. Se il paziente supera la prova gliene sarà sottoposta

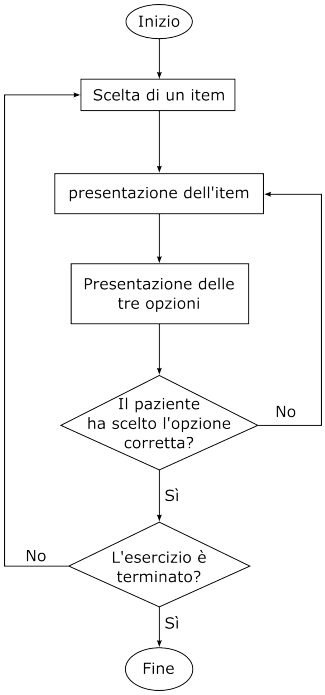


Figura 4.3: Diagramma di flusso che descrive l'esercizio di riconoscimento

una nuova con un diverso item, altrimenti verrà riproposto lo stesso finché non verrà scelta l'opzione corretta.

4.3.1 Svolgimento del gioco

Per sottolineare l'importanza della velocità come obiettivo del gioco, questo è stato ambientato nel mondo delle corse automobilistiche. All'avvio del gioco viene mostrata una strada a tre corsie rettilinee sulle quali sono allineate tre automobili come in Figura 4.4.

Figura 4.4: Schermata iniziale del serious game di riconoscimento

L'auto centrale è quella pilotata dal giocatore e sarà sempre al centro dell'inquadratura. Inizialmente nulla si muove e un grande pulsante con scritto "VIA!" permette di cominciare la gara. Una volta premuto tale pulsante la strada inizia a scorrere sotto le auto e la prima prova di riconoscimento ha inizio: dopo una brevissima pausa (300 millisecondi) appare l'item da riconoscere all'interno di un riquadro; non appena questo scompare, vengono visualizzati tre pulsanti, ciascuno etichettato a sua volta con un item diverso. A questo punto il giocatore deve riconoscere l'item corretto tra quelli proposti: nel caso egli scelga quello giusto, l'automobile centrale avanzerà rispetto alle altre e una nuova prova avrà così inizio. Se invece il giocatore dovesse scegliere la proposta sbagliata saranno le auto rivali a guadagnare terreno.

Anche per questo videogioco è prevista una schermata di riepilogo al termine delle partite: questa mostra la velocità di riconoscimento (espressa in item al secondo) e il numero di errori commessi. In base a questi valori viene anche qui espressa una valutazione su una scala di dodici stelle.

4.3.2 Parametri personalizzabili

Per questo videogioco i parametri personalizzabili sono quattro. Il primo riguarda il tempo di esposizione dell'item che il giocatore deve riconoscere; i valori tipici per questo parametro sono nell'ordine dei decimi di secondo.

Il secondo parametro è il numero di item che vengono proposti al giocatore durate una stessa sessione: questo parametro viene impostato dal terapista allo scopo di allineare la durata dell'esercizio alla capacità di concentrazione dei giocatori.

Il terzo parametro incide sulla modalità di visualizzazione degli item in gioco: così come nel gioco di lettura, il terapista può far sì che tutti gli item appaiano scritti con caratteri maiuscoli o minuscoli, a seconda del paziente.

Il quarto parametro, il più incisivo, è l'insieme di sillabe o parole tra le quali vengono scelti sia gli item da riconoscere, sia le tre opzioni da proporre. Per comodità del terapista, queste sillabe e parole sono raggruppate in categorie (indicate nell'Appendice A) e possono essere escluse e incluse singolarmente o in blocco.

4.3.3 Dati raccolti

Per ogni tentativo di riconoscimento il videogioco genera un record contenente l'item da riconoscere, l'item che è stato scelto e il tempo impiegato per individuarlo. Da questi dati si può successivamente calcolare, per ogni item, quanti errori sono stati commessi e quanto tempo è stato impiegato in media per il suo riconoscimento. Queste informazioni possono quindi evidenziare alcuni pattern di errori frequenti nei giocatori, permettendo al terapista di indirizzare il suo intervento nel modo più appropriato.

4.3.4 Migliorie apportate

Durante le prove effettuate dalla logopedista di riferimento sono emersi progressivamente alcuni problemi con questo videogioco. Il primo riguardava la rapidità con cui le fasi di gioco si susseguivano: la prima versione del gioco infatti era impostata in modo che il nuovo item da riconoscere venisse visualizzato subito dopo che il paziente avesse scelto tra le tre opzioni proposte. Così facendo, però, i pazienti non avevano il tempo per spostare lo sguardo dall'area di scelta all'area di presentazione dell'item e spesso erano indotti a scegliere a caso tra le opzioni proposte. Abbiamo quindi introdotto un piccolo ritardo (i sopracitati 300 millisecondi) per lasciare il tempo ai pazienti di spostare lo sguardo da un lato all'altro dello schermo. Il secondo problema affrontato riguardava il coinvolgimento dei pazienti: inizialmente le automobili erano animate in modo da simulare continue accelerazioni e decelerazioni anche in assenza di interazione da parte del giocatore. Questa animazione, come si è constatato nei test, costituiva motivo di distrazione; uno dei pazienti inoltre ha anche chiesto perché le auto accelerassero da sole senza il suo comando. Abbiamo quindi eliminato ogni animazione al di fuori di quelle immediatamente successive alle scelte dei giocatori: queste vengono riprodotte nell'intervallo di 300 millisecondi prima della presentazione degli item e non hanno influito negativamente sull'attenzione dei pazienti.

Un ulteriore problema emerso riguardava la particolare configurazione di gioco in cui l'insieme di item impostato dal terapista contenga solo due elementi. In questo caso inizialmente, tra le tre opzioni proposte, comparivano ovviamente due item uguali. Su suggerimento della logopedista abbiamo quindi fatto sì che, in presenza di solo due possibili item, la scelta sia ristretta a due sole opzioni.

4.4 Serious game di riscrittura

In questo videogioco, l'esercizio di base non è altro che una variante dell'esercizio alla base del videogioco di riconoscimento: infatti esso si svolge mostrando un item al paziente per un brevissimo tempo, chiedendogli in un secondo momento di riscrivere tale item mediante una comune tastiera QWERTY. In questo esercizio, il paziente supera la prova se riesce a riscrivere correttamente l'item mostrato, mentre fallisce la prova alla digitazione della prima lettera non corrispondente. Anche in questo esercizio la prova dovrà essere ripetuta finché non sarà superata.

La finalità terapeutica di questo esercizio riguarda da una parte l'abbassamento dei tempi di lettura (ma questa volta ponendo sotto maggiore sforzo la concentrazione del paziente), dall'altra l'acquisizione di una buona dimestichezza con la tastiera.

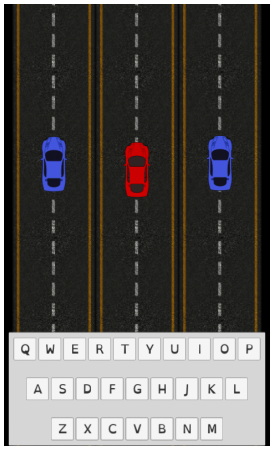


Figura 4.5: Schermata iniziale del serious game di riscrittura

4.4.1 Svolgimento del gioco

Abbiamo realizzato questo gioco effettuando alcune modifiche rispetto a quello di riconoscimento di sillabe o parole, data la similarità tra i due esercizi: l'ambientazione rimane la stessa, così come il comportamento delle auto in corsa e la successione delle prove. A differenza del videogioco di riconoscimento, quello di riscrittura presenta una tastiera QWERTY (Figura 4.5) i cui tasti emettono un suono a conferma dell'avvenuta pressione.

4.4.2 Parametri personalizzabili

I parametri che si possono personalizzare per questo gioco sono gli stessi descritti per il videogioco precedente: si può regolare il tempo di esposizione degli item e il numero di prove che si devono susseguire in una stessa sessione di gioco; si può impostare un preciso insieme di item da presentare e si può imporre che tutti i caratteri visualizzati durante la sessione di gioco siano maiuscoli o minuscoli. Quest'ultima impostazione ha effetto anche sulla tastiera a schermo.

4.4.3 Dati raccolti

Per ogni tentativo di riscrittura viene generato un record contenente l'item da riscrivere, quello che effettivamente ha scritto il giocatore e il tempo impiegato per la scrittura. Da questi dati si può successivamente calcolare, per ogni item, quanti errori siano stati commessi e quanto tempo è stato impiegato in media per la sua riscrittura.

4.4.4 Migliorie apportate

Questo videogioco ha subito le stesse modifiche del videogioco di riconoscimento per quanto riguarda l'aggiunta di un ritardo nella fase di presentazione, l'animazione

delle automobili e la gestione di due soli item disponibili. In più è stato aggiunto un ulteriore feedback sonoro per i pulsanti della tastiera; inizialmente infatti questa era silenziosa e i pazienti premevano ripetutamente gli stessi tasti perché non erano sicuri che la prima pressione fosse stata rilevata. L'aggiunta di un feedback sonoro ha determinato il totale superamento di questo difetto, che portava alla raccolta di molti dati con errori dovuti all'efficacia del sistema di input e non alle capacità del paziente.

Per questo gioco abbiamo anche aggiunto un altro effetto audio: quando il giocatore riscrive correttamente l'item viene riprodotto un suono di successo; quando il giocatore, invece, digita un carattere sbagliato viene riprodotto un suono d'errore. Entrambi questi effetti sonori sono stati introdotti per attirare l'attenzione del giocatore sull'area dello schermo dove è destinato a comparire l'item successivo. La necessità di attirare l'attenzione del giocatore è emersa dopo aver osservato che non sempre egli si rendeva conto di aver commesso un errore e quindi continuava la scrittura ignaro di ciò che accadeva nella parte superiore dello schermo.

Capitolo 5

La realizzazione della piattaforma

Sulla base dei requisiti descritti nel Capitolo 3 abbiamo realizzato una piattaforma che consente ai pazienti dislessici di esercitarsi autonomamente e che nel contempo permette ai loro terapisti sia di monitorare gli esercizi svolti, sia di personalizzarne alcuni aspetti. L'architettura della piattaforma è costituita da tre componenti: un sistema remoto di archiviazione (il back end), un'applicazione per i pazienti e una web application per i loro terapisti. In questo capitolo descriviamo nel dettaglio la realizzazione dei tre componenti e il loro funzionamento.

5.1 Applicazione del paziente

Questa applicazione consente ai soggetti dislessici a cui è dedicata di seguire un particolare trattamento attraverso tre videogiochi, ognuno dei quali è abilitato a raccogliere dati specifici sulle sessioni di gioco. Qualora l'applicazione abbia accesso a internet tali dati vengono trasmessi al back end e da quest'ultimo vengono recuperate le personalizzazioni definite dal terapista per i videogiochi . Al contrario, in assenza di connessione a internet, i dati raccolti dai videogiochi vengono archiviati nella memoria del dispositivo finché non sarà possibile trasmetterli.

Affinché il trattamento possa essere monitorato e personalizzato secondo le esigenze terapeutiche legate al paziente, questi dovrà disporre di un *Codice Paziente*, un codice identificativo rilasciatogli dal terapista che lo iscrive alla piattaforma. È possibile tuttavia giocare anche senza disporre di un Codice Paziente, sfruttando la *modalità ospite*, ovviamente rinunciando alle funzionalità di monitoraggio e personalizzazione.

L'interfaccia grafica è stata progettata e realizzata considerando la natura multipiattaforma dell'applicazione: l'abbiamo quindi provata su schermi di varie risoluzioni posti sia in orizzontale (come ad esempio gli schermi dei computer) sia in verticale (come spesso capita con i tablet e con gli smartphone). Inoltre, in ogni schermata

dell'applicazione abbiamo adottato OpenDyslexic, un font open source progettato appositamente per facilitare la lettura da parte di soggetti con dislessia.

5.1.1 Strumenti di sviluppo

La scelta di uno strumento di sviluppo adeguato è stata dettata principalmente dalla necessità che l'applicazione risulti compatibile con tablet, smartphone e computer, così che i pazienti possano installarla sui dispositivi eventualmente già in loro possesso ed esercitarsi autonomamente. Abbiamo ritenuto che lo strumento più opportuno fosse Unity, un framework specializzato per la realizzazione di videogiochi e predisposto allo sviluppo multipiattaforma. Nello specifico del nostro progetto, il vantaggio più rilevante di questo framework è costituito proprio dal fatto che le procedure di compilazione per le diverse piattaforme sono completamente automatizzate: a partire dallo stesso codice sorgente questo strumento genera automaticamente un pacchetto eseguibile per ciascuna delle molte piattaforme che supporta, riducendo così i costi di manutenzione e di distribuzione.

5.1.2 Struttura e funzionamento

Dal punto di vista dei pazienti, l'applicazione dovrebbe presentarsi come un'accattivante alternativa agli altri loro giochi: per questo motivo abbiamo fatto sì che l'interfaccia utente dell'applicazione nascondesse, per quanto possibile, tutti gli aspetti estranei all'attività ludica. Esclusi i videogiochi, l'applicazione presenta infatti solo due schermate: quella di accesso e il menu principale dell'applicazione (Figura 5.1).

La schermata di accesso mostra una casella di testo in cui l'utente deve inserire il proprio Codice Paziente così da abilitare il monitoraggio e la personalizzazione per le successive sessioni di gioco. Inoltre, nella stessa schermata, viene data la possibilità di accedere ai contenuti dell'applicazione in modalità ospite. In entrambi i casi, dalla schermata di accesso si raggiunge il menu principale attraverso il quale l'utente dà inizio al percorso di riabilitazione mediante i videogiochi.

La validazione del Codice Paziente avviene richiedendo al back end la corrispondente personalizzazione: se a tale interrogazione segue un esito positivo il Codice Paziente può ritenersi accettato, ma in caso contrario l'applicazione mostra un messaggio d'errore e non consente l'accesso al menu principale. Questo metodo di validazione è possibile in virtù di un vincolo di integrità imposto nel back end: la piattaforma prevede, infatti, che ad ogni Codice Paziente valido sia sempre associata almeno una personalizzazione.

Dal momento in cui il paziente ha accesso al menu principale (e di conseguenza ai videogiochi), l'applicazione è programmata per ricontattare il back end ogni due minuti ed ogni volta che viene aperto il menu principale. Ad ogni tentativo di contatto, tutti i dati di gioco eventualmente accumulati nella memoria del dispositivo vengono

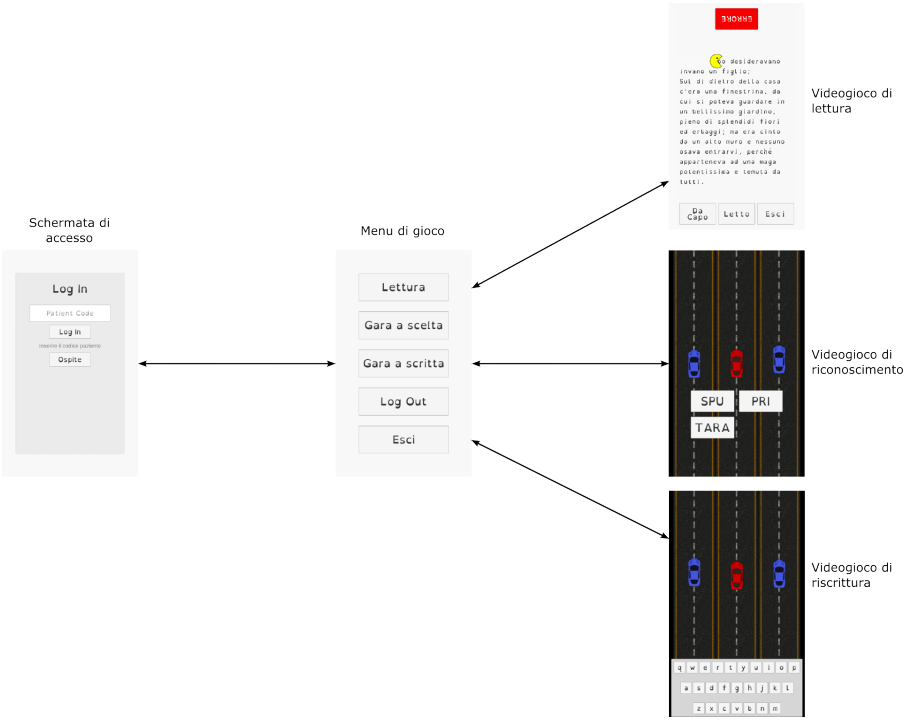


Figura 5.1: Struttura dell'applicazione dei pazienti

trasmessi; parallelamente a questa trasmissione, l'applicazione scarica l'ultima personalizzazione elaborata dal terapista, allineando così la difficoltà dei videogiochi alle esigenze terapeutiche del trattamento.

Per i pazienti la necessità di inserire il proprio Codice Paziente ad ogni avvio risulterebbe sicuramente tediosa, fino a scoraggiare l'uso dell'applicazione stessa. Abbiamo dunque affrontato questo problema facendo sì che, una volta validato il Codice Paziente, questo non venga richiesto nei successivi avvii, che porteranno al menu principale e non più la schermata di accesso. Abbiamo poi dotato il menu principale di un'opzione che permette di tornare alla schermata di accesso qualora un altro paziente voglia usare lo stesso dispositivo: questa circostanza si è verificata soprattutto in alcune sedute di terapia, durante le quali la logopedista con cui abbiamo collaborato cedeva di volta in volta il proprio tablet ai suoi pazienti, facendoli esercitare con la nostra applicazione.

5.2 Interfaccia di controllo del terapista

L'interfaccia del terapista è stata realizzata in forma di web application ed è quindi accessibile tramite qualsiasi dispositivo dotato di un browser di recente generazione. Come suggerito dalla logopedista di riferimento, abbiamo fatto sì che il terapista possa consultare pagine specifiche per i singoli pazienti, pagine che riassumono i dati raccolti nelle loro sessioni di gioco.

Per poter accedere all'interfaccia, il terapista deve essere iscritto alla piattaforma e disporre delle credenziali di accesso: username e password. Una volta effettuato l'accesso, il browser non richiederà più tali credenziali in quanto i dati della sessione vengono registrati, mediante cookies, sul dispositivo del terapista. È comunque possibile in ogni momento, attraverso la voce *logout*, tornare alla pagina di accesso e inserire credenziali diverse, relative a un altro terapista.

Quando il terapista viene autenticato, l'interfaccia gli permette di visualizzare le informazioni di monitoraggio e di personalizzare i trattamenti. Tali interventi sono permessi solo ed esclusivamente per i pazienti iscritti alla piattaforma dal terapista stesso.

Per quanto riguarda il monitoraggio, la web application richiederà al back end i dati raccolti nei quattordici giorni precedenti la data in cui si sta usando l'interfaccia.

5.2.1 Strumenti di sviluppo

Negli ultimi anni si è assistito a un forte consolidamento delle tecnologie web, dovuto alla crescente compatibilità dei browser con il linguaggio di programmazione JavaScript. Ciò ha portato ad un uso sempre più articolato di programmi all'interno di pagine web, fino a raggiungere il concetto di web application, un'intera applicazione fruibile attraverso il browser.

Contestualmente a questa evoluzione sono nati moltissimi progetti open source, molti dei quali in grado di facilitare lo sviluppo di web application: abbiamo sfruttato due di questi progetti per la realizzazione di alcuni aspetti dell'interfaccia del terapista, scegliendoli in base alla quantità e alla qualità della relativa documentazione. Il primo di cui ci siamo serviti è il framwork AngularJS, che abbiamo usato per costruire l'architettura MVC dell'applicazione; il secondo è Chart.js, una libreria per la generazione di grafici. Inoltre, le librerie forniteci dal back end si sono rivelate particolarmente funzionali per l'accesso alle sue funzionalità e per l'autenticazione dei terapisti.

5.2.2 Struttura e funzionamento

Al terapista che apre l'interfaccia per la prima volta viene presentato un modulo per inserire le proprie credenziali di accesso: username e password. Da qui, se l'autenticazione ha successo, la web application presenta al terapista l'elenco dei pazienti da lui iscritti alla piattaforma e gli dà la possibilità di iscriverne altri (Figura 5.2).

Attraverso la voce *dettagli*, il terapista può passare alla pagina di monitoraggio e personalizzazione dei videogiochi per ogni singolo paziente presente nella lista.

I dati raccolti vengono divisi in base al videogioco che li ha generati, formando quindi tre sezioni: la sezione relativa al videogioco di lettura appare come in Figura

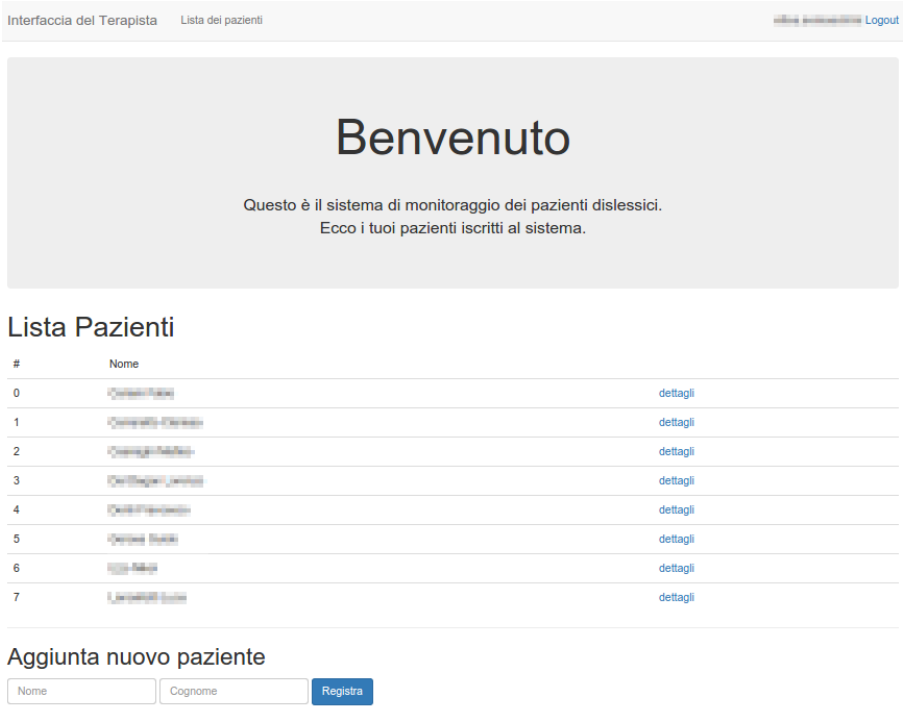


Figura 5.2: Home page del terapista

5.3, mentre le sezioni relative ai videogiochi di riconoscimento e riscrittura, pressoché identiche, appaiono come in Figura 5.4. La sezione relativa al videogioco di lettura presenta un grafico con due curve: sull'asse delle ascisse sono rappresentate le date corrispondenti alle sessioni di gioco, sull'asse delle ordinate sono riportati i valori medi della velocità di lettura, espressi in sillabe al secondo, e la quantità di errori di lettura, rapportata al numero di parole del testo. Per i videogiochi di riconoscimento e riscrittura, i grafici riportano i tempi medi in cui sono state svolte le rispettive attività; sugli stessi grafici viene anche rappresentata la quantità di errori commessi, rapportata al numero di tentativi.

In generale, ogni sezione presenta un grafico che mostra l'abilità del paziente in funzione del tempo attraverso due curve: una riferita alla velocità con cui il paziente ha sostenuto gli esercizi, l'altra riferita alla quantità di errori commessi. Per i terapisti queste due grandezze rappresentano i due indici fondamentali che stanno alla base della valutazione dei propri pazienti e la loro visualizzazione nel tempo permette di capire quanto il trattamento sia efficace.

La sezione relativa al gioco di riconoscimento presenta anche informazioni dettagliate sulle singole sillabe o parole che sono apparse nelle sessioni di gioco del paziente, opportunamente raggruppate in categorie[1]. Nella Figura 5.4, ad esempio, sono presenti le parole non comuni composte da 4 lettere: tutte quelle che appaiono

[1]Nell'Appendice A sono elencate tutte le sillabe e le parole che abbiamo incluso nei videogiochi, suddivise per categorie.

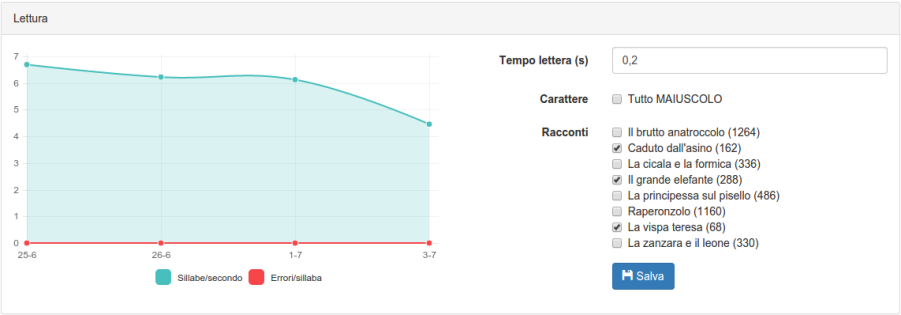


Figura 5.3: Sezione dedicata al videogioco di lettura

Tabella 5.1: Corrispondenza colore-accuratezza nella visualizzazione di sillabe e parole nelle sezioni dedicate ai videogiochi di riconoscimento e riscrittura

Colore	Intervallo di Accuratezza (%)
Verde	90-100
Giallo	40-90
Rosso	0-40

grigie non sono mai state proposte al paziente; la parola *NOTO*, invece, appare su sfondo colorato (secondo i criteri della Tabella 5.1) perché il paziente ha tentato di riconoscerla almeno una volta. Portando il cursore su una qualsiasi sillaba o parola dell'elenco, compare un pop up che espone informazioni più dettagliate su di essa: il tempo medio di riconoscimento, l'accuratezza del paziente nel riconoscerla (complementare alla percentuale di errore) e, qualora fossero stati commessi errori, la lista di sillabe o parole che il paziente ha scelto erroneamente. Quanto descritto vale anche per la sezione del gioco di riscrittura che, come già anticipato, è uguale a quella del gioco di riconoscimento: i due videogiochi del resto sono molto simili tra di loro.

Oltre a visualizzare informazioni sulle sessioni di gioco, ogni sezione dà la possibilità di modificare i parametri dei videogiochi. Per il videogioco di lettura si può decidere una velocità di lettura minima da imporre al giocatore; inoltre è possibile scegliere, nell'ambito di una lista di otto proposte, quali letture sottoporgli[2] e decidere se tali testi debbano essere visualizzati normalmente o con soli caratteri maiuscoli. I parametri modificabili per il videogioco di riconoscimento sono invece il tempo di esposizione di ciascuna sillaba o parola, la quantità di elementi da riconoscere in ogni sessione di gioco e la lista di sillabe e parole che si vuole sottoporre ai pazienti.

[2]Le letture complete si trovano nell'Appendice B.

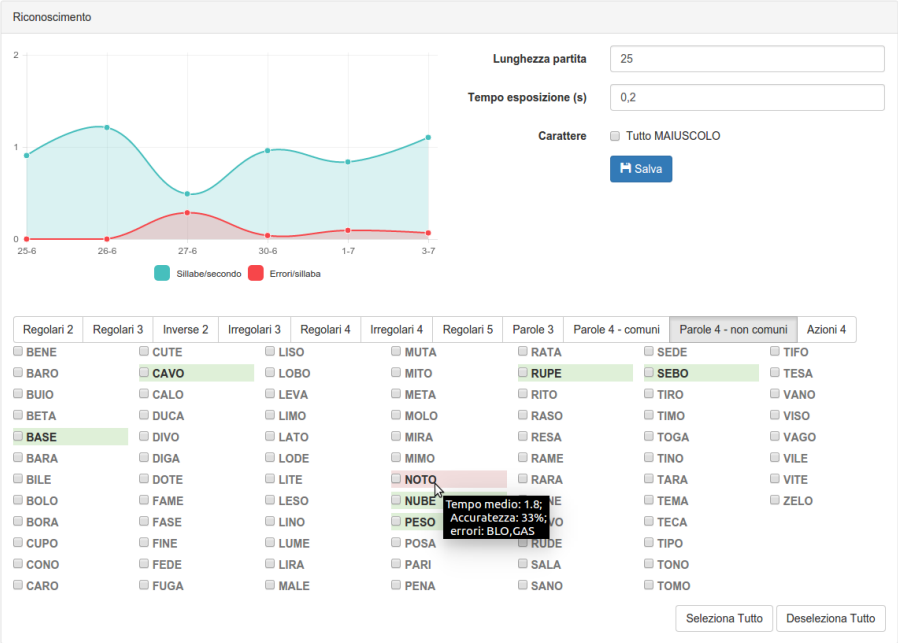


Figura 5.4: Sezione dedicata al videogioco di riconoscimento

5.3 Back end

Come si è detto nel capitolo 3, il back end è stato scelto in modo che fornisca un database relazionale al minor costo. La nostra ricerca di un servizio con tali requisiti ci ha portato alla scelta di Parse, un servizio cloud di cui elenchiamo le caratteristiche utili ai fini del nostro progetto.

La prima riguarda il prezzo del servizio, che garantisce gratuitamente un database di 20GB capace di rispondere a 30 interrogazioni al secondo: stimiamo che con queste specifiche il back end possa soddisfare i requisiti della piattaforma fino a 80 pazienti per almeno 3 anni.

La seconda riguarda la disponibilità di librerie sia per l'uso con Unity che in JavaScript: queste hanno rappresentato uno strumento fondamentale per lo sviluppo rispettivamente dell'applicazione del paziente e dell'interfaccia di controllo del terapista.

La terza riguarda la funzionalità di autenticazione mediante username e password, che è integrata nel servizio dati e accessibile mediante le suddette librerie: questa funzionalità ha consentito il risparmio dell'intera progettazione e realizzazione di un sistema di autenticazione dedicato.

Un'ulteriore caratteristica è costituita dalla possibilità di stabilire una lista di controllo d'accesso (ACL) per ogni tupla inserita nel database. Questa funzionalità, unita all'autenticazione dei terapisti, ci ha permesso di introdurre maggiore robustezza nella gestione dei dati anagrafici dei pazienti e, quindi, della loro privacy. Infatti, un terapista che iscrive un paziente alla piattaforma deve specificare il nome e il

cognome di quest'ultimo: nel momento in cui il back end registra le informazioni di iscrizione l'ACL di questi dati viene impostata in modo tale che risultino accessibili solo ed esclusivamente per quel terapista.

Capitolo 6

Conclusioni e sviluppi futuri

Per elaborare questa tesi abbiamo lavorato in stretta collaborazione con una logopedista per la realizzazione di una piattaforma dedicata al trattamento personalizzato della dislessia, realizzando esercizi riabilitativi in forma di videogiochi. L'obiettivo era quello di ottenere un sistema che sopperisse alle carenze evidenziate dalla logopedista nelle attuali soluzioni commerciali. In particolare, i videogiochi dovevano dare la possibilità ai pazienti di esercitarsi in autonomia e dovevano risultare per loro divertenti e interessanti; inoltre, i costi dovevano essere il più possibile contenuti.

La piattaforma che abbiamo realizzato include un'applicazione che comprende tre videogiochi: questi sono stati sviluppati rispettando i comuni principi di game design e sono basati sugli esercizi riabilitativi definiti dalla nostra logopedista di riferimento. Dal momento in cui quest'ultima ha iniziato ad usarli nelle sedute di terapia, abbiamo ripetutamente migliorato gli aspetti ludici. La logopedista ha quindi notato che i videogiochi che abbiamo realizzato riescono a intrattenere i pazienti e li stimolano a ripetere gli esercizi. A questo proposito vale la pena sottolineare che i pazienti hanno particolarmente apprezzato la premiazione (attraverso una valutazione in stelle) al termine di ogni sessione di gioco.

La logopedista si è detta soddisfatta delle funzionalità di monitoraggio della piattaforma, che le hanno permesso di identificare pattern di errori frequenti: ciò si è rivelato molto utile per orientare di volta in volta il trattamento attraverso la personalizzazione dei videogiochi.

Abbiamo constatato che nel realizzare videogiochi di riabilitazione per soggetti con dislessia bisogna porre grande attenzione nell'introdurre animazioni ed effetti grafici che possono facilmente interferire con la componente riabilitativa, disturbando la concentrazione dei giocatori. Potremo avere una conferma sull'effettiva efficacia riabilitativa dei nostri videogiochi una volta raggiunti i sei mesi di utilizzo.

Ogni componente della piattaforma è stato progettato in modo tale da comportare un basso costo complessivo. Abbiamo infatti azzerato i costi associati agli strumenti di sviluppo, adottando validi software gratuiti od open source. La scelta

di strumenti appropriati ha anche determinato la riduzione dei tempi di sviluppo e ha favorito la manutenibilità del software prodotto, due vantaggi che abbattono sensibilmente il costo totale della piattaforma.

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 serious game alla piattaforma con ambientazioni inedite e nuovi elementi di sfida, così da arricchire l'esperienza di gioco per i pazienti e nel contempo conferire ai terapisti una maggiore libertà nel definire il percorso di riabilitazione.

Nel progettare la piattaforma ci siamo concentrati sul contenimento dei costi, a discapito degli aspetti prestazionali e di sicurezza. Considerando che questi aspetti potrebbero diventare più rilevanti in futuro, abbiamo progettato l'architettura della piattaforma in modo tale che i suoi componenti possano essere sostituiti con facilità, soprattutto nel caso dei componenti dedicati alla gestione dei dati.

Bibliografia

[1] *Consensus Conference*, 2011.

[2] *Panel di Aggiornamento e Revisione della consensus conference*, 2011.

[3] N.A. Borghese, M. Pirovano, R. Mainetti, and P.L. Lanzi. An integrated low-cost system for at-home rehabilitation. In *Virtual Systems and Multimedia (VSMM), 2012 18th International Conference on*, pages 553–556, Sept 2012.

[4] N.A. Borghese, M. Pirovano, R. Mainetti, and P.L. Lanzi. Iger: An intelligent game engine for rehabilitation. In Jose L Pons, Diego Torricelli, and Marta Pajaro, editors, *Converging Clinical and Engineering Research on Neurorehabilitation*, volume 1 of *Biosystems & Biorobotics*, pages 947–950. Springer Berlin Heidelberg, 2013.

[5] Manuela Pieretti Enrica Mariano, Luigi Marotta. *Intervento logopedico nei DSA*. Erickson, 2012.

[6] A. Facoetti, S. Franceschini, O. Gaggi, G. Galiazzo, S. Gori, C.E. Palazzi, and M. Ruffino. Multiplatform games for dyslexia identification in preschoolers. In *Consumer Communications and Networking Conference (CCNC), 2014 IEEE 11th*, pages 1152–1153, Jan 2014.

[7] Ruffino M Viola S Molteni M Facoetti A. Franceschini S1, Gori S. Action video games make dyslexic children read better. 2013.

[8] O. Gaggi, G. Galiazzo, C. Palazzi, A. Facoetti, and S. Franceschini. A serious game for predicting the risk of developmental dyslexia in pre-readers children. In *Computer Communications and Networks (ICCCN), 2012 21st International Conference on*, pages 1–5, July 2012.

[9] Jose-Antonio Gil-Gomez, Roberto Llorens, Mariano Alcaniz, and Carolina Colomer. Effectiveness of a wii balance board-based system (ebavir) for balance rehabilitation: a pilot randomized clinical trial in patients with acquired brain injury. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 8(1):30, 2011.

[10] Stephanie Mader, Stephane Natkin, and Guillaume Levieux. How to analyse therapeutic games: The player / game / therapy model. In Marc Herrlich, Rainer Malaka, and Maic Masuch, editors, *Entertainment Computing - ICEC 2012*, volume 7522 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 193–206. Springer Berlin Heidelberg, 2012.

[11] M.E. Nixon and A.M. Howard. Applying gaming principles to virtual environments for upper extremity therapy games. In *Systems, Man, and Cybernetics (SMC), 2013 IEEE International Conference on*, pages 3430–3435, Oct 2013.

[12] P. Rego, P.M. Moreira, and L.P. Reis. Serious games for rehabilitation: A survey and a classification towards a taxonomy. In *Information Systems and Technologies (CISTI), 2010 5th Iberian Conference on*, pages 1–6, June 2010.

[13] Luz Rello, Clara Bayarri, Yolanda Otal, and Martin Pielot. A computer-based method to improve the spelling of children with dyslexia. In *Proceedings of the 16th International ACM SIGACCESS Conference on Computers & Accessibility*, ASSETS '14, pages 153–160, New York, NY, USA, 2014. ACM.

[14] Pier Luca Lanzi Maria Luisa Lorusso Alessandro Antonietti Silvia Bonacina, Alice Cancer. Improving reading skills in students with dyslexia: The efficacy of a rhythmic training. 2013.

[15] G Stella, M Faggella, and P Tressoldi. La dislessia evolutiva lungo l'arco della scolarita obbligatoria. *PSICHIATRIA DELL INFANZIA E DELL ADOLESCENZA*, 68(1):27–42, 2001.

[16] Lieven Van den Audenaeren, Veronique Celis, Vero Vanden Abeele, Luc Geurts, Jelle Husson, Pol GhesquiÃšre, Jan Wouters, Leen Loyez, and Ann Goeleven. Dysl-x: Design of a tablet game for early risk detection of dyslexia in preschoolers. In Ben Schouten, Stephen Fedtke, Tilde Bekker, Marlies Schijven, and Alex Gekker, editors, *Games for Health*, pages 257–266. Springer Fachmedien Wiesbaden, 2013.

Appendice A

Parole e sillabe per i videogiochi di riconoscimento e riscrittura

Nella seguente tabella sono presenti tutte le sillabe e le parole che sono incluse nei videogiochi di riconoscimento e riscrittura. La logopedista con cui abbiamo collaborato ha stabilito la suddivisione di queste sillabe e parole (da lei stessa fornite) in undici categorie.

Categoria	Sillabe e parole
Sillabe regolari da due lettere	BA, BE, BI, BO, BU, CA, CO, CU, DA, DE, DI, DO, DU, FA, FE, FI, FO, FU, GA, GO, GU, LA, LE, LI, LO, LU, MA, ME, MI, MO, MU, NA, NE, NI, NO, NU, PA, PE, PI, PO, PU, RA, RE, RI, RO, RU, SA, SE, SI, SO, SU, TA, TE, TI, TO, TU, VA, VE, VI, VO, VU, ZA, ZE, ZI, ZO, ZU
Sillabe inverse da due lettere	AB, EB, IB, OB, UB, AC, EC, IC, OC, UC, AD, ED, ID, OD, UD, AF, EF, IF, OF, UF, AG, EG, IG, OG, UG, AL, EL, IL, OL, UL, AM, EM, IM, OM, UM, AN, EN, IN, ON, UN, AP, EP, IP, OP, UP, AR, ER, IR, OR, UR, AS, ES, IS, OS, US, AT, ET, IT, OT, UT, AV, EV, IV, OV, UV, AZ, EZ, IZ, OZ, UZ

Categoria	Sillabe e parole
Sillabe regolari da tre lettere	SBA, SBE, SBI, SBO, SBU, SCA, SCO, SCU, SDA, SDE, SDI, SDO, SDU, SFA, SFE, SFI, SFO, SFU, SGA, SGO, SGU, SLA, SLE, SLI, SLO, SLU, SMA, SME, SMI, SMO, SMU, SNA, SNE, SNI, SNO, SNU, SPA, SPE, SPI, SPO, SPU, SRE, STA, STE, STI, STO, STU, SVA, SVE, SVI, SVO, SVU, BRA, BRE, BRI, BRO, BRU, CRA, CRE, CRI, CRO, CRU, DRA, DRE, DRI, DRO, DRU, FRA, FRE, FRI, FRO, FRU, GRA, GRE, GRI, GRO, GRU, PRA, PRE, PRI, PRO, PRU, TRA, TRE, TRI, TRO, TRU, BLA, BLE, BLI, BLO, BLU, CLA, CLE, CLI, CLO, CLU, FLA, FLE, FLI, FLO, FLU, GLA, GLE, GLI, GLO, GLU, PLA, PLE, PLI, PLO, PLU
Sillabe irregolari da tre lettere	CHI, CHE, GHI, GHE, SCI, SCE, GLI, GNA, GNE, GNI, GNO, GNU
Sillabe regolari da quattro lettere	STRA, STRE, STRI, STRO, STRU, SDRA, SDRU, SCRA, SCRE, SCRI, SGRA, SGRE, SFRA, SFRE, SFRI
Sillabe irregolari da quattro lettere	SCHI, SCHE, SGHI, SGHE, CHIA, CHIO, CHIU, CHIE, GHIA, GHIE, GHIO, GHIU, GLIA, GLIE, GLIO, GLIU, SCIA, SCIO, SCIU
Sillabe da cinque lettere	SCHIA, SCHIE, SCHIO, SCHIU
Parole da tre lettere	AMO, AGO, APE, ARA, ALA, ADA, BLU, BIO, BUS, BAR, BOA, BUE, CON, CUI, DIO, DUE, EVA, ERA, ECO, EST, GIU, GIA, GEL, GAS, GRU, IRA, LIA, LEI, LUI, MIO, MIA, MAI, NOI, NEL, NON, NEO, ODE, ORO, ORA, OCA, POI, PIO, PER, QUA, QUI, SEI, SIA, SUA, SUO, SUE, SUL, SUB, TRE, TRA, TUA, TUO, UVA, UGO, USO, UFO, UNO, VAI, VIA, ZIO, ZIA, ZOO

Categoria	Sillabe e parole
Parole comuni da quattro lettere	BUCO, BUCA, BIRO, CANE, CASA, CORO, COSA, COME, CUBO, CACO, CAPO, CARA, CASO, CAVO, CURA, CODA, DADO, DAMA, DITO, DURO, DOVE, DATA, DONO, DOPO, DUNA, FARO, FOTO, FICO, FILO, FILA, FUMO, FOCA, FUNE, FORO, FATA, GOLA, GARA, GUFO, LANA, LUPO, LUNA, LAMA, LIMA, LAGO, LAVA, LIDO, LEGO, MELA, MINA, MANO, MENO, MARE, MAGO, MESE, MORA, MOTO, MULO, MURO, MUTO, MUSO, NOME, NANO, NIDO, NEVE, NERO, NAVE, NATO, NOVE, NASO, NODO, NUBE, NOTA, PANE, PAPA, PALO, PERA, PEPE, PINO, PALA, PELO, PILA, PIPA, POCO, POLO, RAMO, ROMA, RIMA, ROSA, RISO, RANA, RAPA, RETE, RIGA, RIVA, ROBA, RUGA, SOLE, SALE, SEME, SERA, SUGO, SITO, SETE, SETA, SEGA, TATA, TELA, TELE, TORO, TOPO, TUTA, TUBO, TANA, VASO, VINO, VENA, VOTO, VELA, VERA, VIVO, VOLO, VITA, ZERO, ZETA, ZONA
Parole non comuni da quattro lettere	BENE, BARO, BUIO, BETA, BASE, BARA, BILE, BOLO, BORA, CUPO, CONO, CARO, CUTE, CAVO, CALO, DUCA, DIVO, DIGA, DOTE, FAME, FASE, FINE, FEDE, FUGA, LISO, LOBO, LEVA, LIMO, LATO, LODE, LITE, LESO, LINO, LUME, LIRA, MALE, MUTA, MITO, META, MOLO, MIRA, MIMO, NOTO, NUBE, PESO, POSA, PARI, PENA, RATA, RUPE, RITO, RASO, RESA, RAME, RARA, RENE, ROVO, RUDE, SALA, SANO, SEDE, SEBO, TIRO, TIMO, TOGA, TINO, TARA, TEMA, TECA, TIPO, TONO, TOMO, TIFO, TESA, VANO, VISO, VAGO, VILE, VITE, ZELO

Categoria	Sillabe e parole
Azioni da quattro lettere	BERE, BEVO, BEVE, CADO, CADE, COLA, COVA, DEVO, DEVE, DARE, PESO, PESA, PAGO, SONO, REMO, REMA, VADO, VEDO

Appendice B

Racconti inclusi nel videogioco di lettura

In quest'appendice riportiamo i testi che sono stati inclusi nel videogioco di lettura.

B.1 Il brutto anatroccolo

L'estate era iniziata; i campi agitavano le loro spighe dorate, mentre il fieno tagliato profumava la campagna. In un luogo appartato, nascosta da fitti cespugli vicini ad un laghetto, mamma anatra aveva iniziato la nuova cova. Siccome riceveva pochissime visite, il tempo le passava molto lentamente ed era impaziente di vedere uscire dal guscio la propria prole... finalmente, uno dopo l'altro, i gusci scricchiolarono e lasciarono uscire alcuni adorabili anatroccoli gialli. «Pip! Pip! Pip!» Esclamarono i nuovi nati «il mondo è grande ed è bello vivere!» «Il mondo non finisce qui» li ammonì mamma anatra, «si estende ben oltre il laghetto, fino al villaggio vicino, ma io non ci sono mai andata. Ci siete tutti?» Domandò. Mentre si avvicinava, notò che l'uovo più grande non si era ancora schiuso e se ne meravigliò. Si mise allora a covarlo nuovamente con aria contrariata.

«Buongiorno! Come va?» Le domandò una vecchia anatra un po' curiosa che era venuta in quel momento a farle visita.

«Il guscio di questo grosso uovo non vuole aprirsi, guarda invece gli altri piccoli, non trovi che siano meravigliosi?»

«Mostrami un po' quest'uovo.» Disse la vecchia anatra per tutta risposta. «Ah! Caspita! Si direbbe un uovo di tacchina! Ho avuto anche io, tempo fa, Questa sorpresa: Quello che avevo scambiato per un anatroccolo era in realtà un tacchino e per questo non voleva mai entrare in acqua. Quest'uovo è certamente un uovo di tacchino. Abbandonalo ed insegna piuttosto a nuotare agli altri anatroccoli!»

«Oh! Un giorno di più che vuoi che mi importi! Posso ancora covare per un po'.»

Rispose l'anatra ben decisa.

«Tu sei la più testarda che io conosca!» Borbottò allora la vecchia anatra allontanandosi.

Finalmente il grosso uovo si aprì e lascio uscire un grande anatroccolo brutto e tutto grigio. «Sarà un tacchino!» Si preoccupò l'anatra. «Bah! Lo saprò domani!» Il giorno seguente, infatti, l'anatra portò la sua piccola famiglia ad un vicino ruscello e saltò nell'acqua: gli anatroccoli la seguirono tutti, compreso quello brutto e grigio. «Mi sento già più sollevata» sospirò l'anatra «almeno non è un tacchino. Ora, venite piccini, vi presenterò ai vostri cugini.» La piccola comitiva camminò faticosamente fino al laghetto e gli anatroccoli salutarono le altre anatre.

«Oh! Guardate, i nuovi venuti! Come se non fossimo già numerosi!... e questo anatroccolo grigio non lo vogliamo!» Disse una grossa anatra, morsicando il poverino sul collo.

«Non fategli male!» Gridò la mamma anatra furiosa.

«È così grande e brutto che viene voglia di maltrattarlo!» Aggiunse la grossa anatra con tono beffardo.

«È un vero peccato che sia così sgraziato, gli altri sono tutti adorabili» rincarò la vecchia anatra che era andata a vedere la covata.

«Non sarà bello adesso, può darsi però che, crescendo , cambi; e poi ha un buon carattere e nuota meglio dei suoi fratelli» assicurò mamma anatra, «La bellezza, per un maschio, non ha importanza» concluse, e lo accarezzò con il becco «andate, piccoli miei, divertitevi e nuotate bene!»

Tuttavia, l'anatroccolo, da quel giorno fu schernito da tutti gli animali del cortile: le galline e le anatre lo urtavano, mentre il tacchino, gonfiando le sue piume, lo impauriva. Nei giorni che seguirono, le cose si aggravarono: il fattore lo prese a calci e i suoi fratelli non perdevano occasione per deriderlo e maltrattarlo. Il piccolo anatroccolo era molto infelice.

Un giorno, stanco della situazione, scappò da sotto la siepe. Gli uccelli, vedendolo, si rifugiarono nei cespugli. «sono così brutto che faccio paura!» pensò l'anatroccolo. Continuò il suo cammino e si rifugiò, esausto, in una palude abitata da anatre selvatiche che accettarono di lasciargli un posticino fra le canne. Verso sera, arrivarono due oche selvatiche che maltrattarono il povero anatroccolo già così sfortunato. Improvvisamente, risuonarono alcuni spari... le due oche caddero morte nell'acqua! I cacciatori, posti intorno alla palude, continuarono a sparare. Poi i lori cani solcarono i giunchi e le canne. Al calar della notte, il rumore cessò. Il brutto anatroccolo ne approfittò per scappare il più velocemente possibile. Attraversò campi e prati, mentre infuriava una violenta tempesta.

Dopo qualche ora di marcia, arrivò ad una catapecchia la cui porta era socchiusa. L'anatroccolo si infilò dentro: era la dimora di una vecchia donna che viveva con un gatto ed una gallina. Alla vista dell'anatroccolo, il micio cominciò a miagolare e

la gallina cominciò a chiocciare, tanto che la vecchietta, che aveva la vista scarsa, esclamò: «Oh, una magnifica anatra! Che bellezza, avrò anche le uova... purché non sia un' anatra maschio! Beh, lo vedremo, aspettiamo un po'!» La vecchia attese tre lunghe settimane... ma le uova non arrivarono e cominciò a domandarsi se fosse davvero un'anatra!

Un giorno, il micio e la gallina, che dettavano legge nella stamberga, interrogarono l'anatroccolo:

«Sai deporre le uova?» domandò la gallina.

«No...» rispose l'anatroccolo un po' stupito.

«Sai fare la ruota?» domandò il gatto.

«No, non ho mai imparato a farla!» rispose l'anatroccolo sempre più meravigliato.

«Allora vai a sederti in un angolo e non muoverti più!» gli intimarono i due animali con cattiveria. Improvvisamente, un raggio di sole e un alito di brezza entrarono dalla porta. L'anatroccolo ebbe subito una grande voglia di nuotare e scappò lontano da quegli animali cattivi.

L'autunno era alle porte, le foglie diventarono rosse poi caddero. Una sera, l'anatroccolo vide alcuni bellissimi uccelli bianco dal lungo collo che volavano verso i paesi caldi. Li guardò a lungo girando come una trottola nell'acqua del ruscello per vederli meglio: erano cigni! Come li invidiava! L'inverno arrivò freddo e pungente; l'anatroccolo faceva ogni giorno un po' di esercizi nel ruscello per riscaldarsi. Una sera dovette agitare molto forte le sue piccole zampe perché l'acqua intorno a lui non gelasse: ma il ghiaccio lo accerchiava di minuto in minuto... finché, esausto e ghiacciato, svenne. Il giorno seguente, un contadino lo trovò quasi senza vita; ruppe il ghiaccio che lo circondava e lo portò ai suoi ragazzi che lo circondarono per giocare con lui. Ahimè, il poveretto ebbe una gran paura e si gettò prima dentro un bidone di latte e poi una cassa della farina. Finalmente riuscì ad uscire e prese il volo inseguito dalla moglie del contadino. Ancora una volta il brutto anatroccolo scappò ben lontano per rifugiarsi, esausto, in un buco nella neve.

L'inverno fu lungo e le sue sofferenze molto grandi... ma un giorno le allodole cominciarono a cantare e il sole riscaldò la terra: la primavera era finalmente arrivata! L'anatroccolo si accorse che le sue ali battevano con molto più vigore e che erano anche molto robuste per trasportarlo sempre più lontano. Partì dunque per cercare nuovi luoghi e si posò in un prato fiorito. Un salice maestoso bagnava i suoi rami nell'acqua di uno stagno dove tre cigni facevano evoluzioni graziose. Conosceva bene quei meravigliosi uccelli! L'anatroccolo si lanciò disperato verso di loro gridando: «Ammazzatemi, non sono degno di voi!» Improvvisamente si accorse del suo riflesso sull'acqua: che sorpresa! Che felicità! Non osava crederci: non era più un anatroccolo grigio... era diventato un cigno: come loro!!

I tre cigni si avvicinarono e lo accarezzarono con il becco dandogli così il benvenuto, mentre alcuni ragazzi attorno allo stagno declamavano a gran voce la sua

bellezza e la sua eleganza. Mise la testa sotto le ali, quasi vergognoso di tanti complimenti e tanta fortuna: lui che era stato per tanto tempo un brutto anatroccolo era finalmente felice e ammirato.

B.2 Caduto dall'asino

Un giorno un brav'uomo se ne andava in groppa al suo asinello e, passando accanto a un giardino, vide un ramo che attraverso la cancellata si spenzolava sul sentiero, ed era carico di magnifiche pere. Vederle e averne voglia fu la stessa cosa. Alzandosi un po' sulla sella, l'uomo afferrò il ramo con una mano, e con l'altra afferrò la pera più bella. Ma non fece in tempo a coglierla, perché l'asino, ombroso, chissà di che cosa si spaventò e scappò via al galoppo. Per non cascare, l'uomo dovette afferrarsi con tutte e due le mani al ramo.

Mentre se ne stava appeso a quel modo, sgambettando, accorse il giardiniere e gli gridò: «Ehi, tu, che cosa fai sul mio albero?»

«Amico mio, non mi crederai: sono caduto dall'asino!»

Il giardiniere non volle credere che si potesse cadere all'insù. Prese un bastone e gliene diede ne tante ne poche. State attenti anche voi: c'è modo e modo di cadere dall'asino.

B.3 La cicala e la formica

C'era una volta in una calda estate un'allegra cicala che continuava a cantare sul ramo di un albero mentre, sotto di lei, una lunga fila di formiche faticava per trasportare chicchi di grano. Fra una pausa e l'altro del canto, la cicala si rivolge alle formiche: «Ma perché lavorate tanto? venite qui all'ombra a ripararvi dal sole, potremo cantare insieme!». Ma le formiche, instancabili, senza fermarsi continuavano il loro lavoro.

«Non possiamo! Dobbiamo preparare le provviste per l'inverno! Quando verrà il freddo e la neve coprirà la terra, non troveremo più niente da mangiare e solo se avremo le dispense piene potremo sopravvivere!»

«L'estate è ancora lunga e c'è tempo per fare provviste prima che arrivi l'inverno! Io preferisco cantare! Con questo sole e questo caldo è impossibile lavorare!»

Per tutta l'estate la cicala continuò a cantare e le formiche a lavorare, ma i giorni passavano veloci, poi le settimane e i mesi. Arrivò l'autunno e gli alberi cominciarono a perdere le foglie e la cicala scese dall'albero ormai spoglio. Anche l'erba diventava sempre più gialla e rada e una mattina la cicala si svegliò tutta infreddolita, mentre i campi erano coperti dalla prima brina. Un gelo improvviso bruciò il verde delle ultime foglie: era arrivato l'inverno. La cicala cominciò a vagare cibandosi di qualche gambo rinsecchito che spuntava ancora dal terreno duro e gelato. Venne la neve e

la cicala non trovò più niente da mangiare: affamata e tremante di freddo, pensava con rimpianto al caldo e ai canti dell'estate. Una sera vide una lucina lontana e si avvicinò affondando nella neve: «Aprite! Aprite per favore! Sto morendo di fame! Datemi qualcosa da mangiare!».

La finestra si aprì e la formica si affacciò: «Chi è? Chi è che bussa?»

«Sono io, la cicala! Ho fame, freddo e sono senza casa!»

«La cicala? Ah! Mi ricordo di te! Cosa hai fatto durante l'estate, mentre noi faticavamo per prepararci all'inverno?»

«Io? Cantavo e riempivo del mio canto cielo e terra!»

«Hai cantato?» replicò la formica «Adesso balla!»

B.4 Il grande elefante

Narra una leggenda africana che, all'origine del mondo, l'elefante aveva la statura degli altri animali, nonostante ciò era il più prepotente, voleva comandare su tutti ed essere servito e riverito come un re. Gli abitanti della savana, stanchi delle sue prepotenze, si riunirono di nascosto in assemblea e dissero: «Non vogliamo più sopportare le angherie dell'elefante, tutti noi viviamo nel terrore, ogni protesta e ogni ragionamento non sono serviti a niente. E' ora che facciamo qualcosa per fargli capire le nostre ragioni». Discussero a lungo fino a che, di comune accordo, decisero di dargli una sonora lezione. Invitarono il prepotente in un'ampia radura dove gli avevano apprestato un ricco banchetto per abbonirlo e per tenerlo occupato. L'elefante aveva accettato ben volentieri, tutto contento di essere così ossequiato; mentre era assorto a gustare il pranzo, gli animali lo circondarono e cominciarono a dargli tante botte con le zampe e con le corna sino a gonfiarlo tutto, da capo a piedi!

Il malcapitato, alquanto malconcio, andò a tuffarsi nel vicino fiume per dare refrigerio alle tante ferite che aveva sul corpo. Gli ci vollero parecchi giorni per guarire e, quando i dolori furono passati e le piaghe rimarginate, l'elefante, specchiandosi nell'acqua del fiume, vide che il suo corpo era rimasto tutto gonfio, enorme, pesante! Soltanto le orecchie erano rimaste come prima e certamente non facevano bella figura in quel suo grande testone! Era diventato il più grande animale della savana, ma il suo potere era finito! Ora non avrebbe più potuto comandare nemmeno sugli animali più piccoli perché la sua grande mole avrebbe ricordato a tutti la lezione avuta nella radura. E fu così che l'elefante, da quel giorno, prese a camminare con le orecchie abbassate... per la vergogna.

B.5 La principessa sul pisello

C'era una volta un principe che voleva sposare una principessa, ma ella doveva essere una principessa vera, una fanciulla di sangue blu. Perciò se ne andò in giro per

il mondo cercando la giovinetta dei suoi sogni. Di fanciulle che affermavano di essere vere principesse egli ne trovò moltissime, ma al momento di sposarsi il principe era assalito da un dubbio: «Sarà proprio una principessa di sangue blu, oppure no?». Qualcosa, infatti, nel loro modo o nel loro portamento era poco reale e non convinceva del tutto il principe. Egli quindi non si decideva a sceglierne alcuna e, infine, dopo tanto vagare per il mondo, se ne tornò al suo castello, deluso per non aver trovato ciò che desiderava.

Una sera si scatenò un temporale: i lampi si incrociavano, il tuono brontolava, cadeva una pioggia torrenziale: non si era mai vista una bufera così! Qualcuno bussò alla porta del castello, e il vecchio re si affrettò ad aprire. Era una principessa. Ma come l'avevano ridotta la pioggia e il temporale! L'acqua cadeva a rivoli dai suoi capelli e dai suoi vestiti, e le entrava nelle scarpe, uscendone dalla suola. Tuttavia ella si presentò affermando di essere una vera principessa. «È ciò che sapremo presto» pensò la vecchia regina, e senza dire nulla a nessuno entrò in una camera e mise un pisello nel letto che era in mezzo alla stanza. Quindi prese venti materassi, li stese uno sopra l'altro sul pisello, e vi aggiunse ancora venti piumini. Era quello il letto destinato alla principessa sconosciuta. La principessa venne accompagnata nella camera che le era stata destinata, e si coricò. Ma, per quanto fosse sfinita dalla stanchezza, non riusciva assolutamente ad addormentarsi. Da qualunque parte si girasse, sentiva sempre qualcosa di duro che le dava fastidio.

L'indomani mattina, il re la regina e il principe bussarono alla sua porta, le diedero il buon giorno e le chiesero come avesse passato la notte. «Male! Molto male!» ella rispose «Non ho potuto chiudere occhio! Dio solo sa quello che c'era nel letto! Era qualcosa che mi ha fatto venire la pelle livida. Che supplizio ho dovuto sopportare per tutta la notte! Ho provato a guardare fra le lenzuola. Ma non ho trovato nulla». Il re, la regina e il giovane principe si diedero uno sguardo d'intesa: dalla risposta della fanciulla essi avevano capito che si trattava di una vera principessa! Ella aveva infatti sentito un pisello attraverso venti materassi e venti piumini. Chi mai, se non una vera principessa, una principessa di sangue blu poteva avere una pelle così delicata e sensibile? Il principe, convinto ormai che si trattava di una giovane di sangue reale, la scelse subito come sposa. Il pisello fu messo nel museo, dove credo si trovi ancora, a meno che qualche persona non lo abbia portato via. Ecco, vi ho raccontato una storia vera, vera come la bella principessa.

B.6 Raperonzolo

C'erano una volta un uomo e una donna, che già da molto tempo desideravano invano un figlio. Sul retro della casa c'era una finestrina, da cui si poteva guardare in un bellissimo giardino, pieno di splendidi fiori ed erbaggi; ma era cinto da un alto muro e nessuno osava entrarvi, perché apparteneva ad una maga potentissima

e temuta da tutti.

Un giorno la donna stava alla finestra e guardava il giardino; e vide un'aiuola dov'erano coltivati i più bei raperonzoli; e apparivano cosi freschi e verdi, che le fecero gola e le venne una gran voglia di mangiarne. La voglia cresceva ogni giorno; ma ella sapeva di non poterla soddisfare e dimagrì paurosamente e divenne pallida e smunta. Allora il marito si spaventò e chiese: «Che hai, cara moglie?»

«Ah» ella rispose «se non riesco a mangiare di quei raperonzoli che son nel giardino dietro casa nostra, morirò».

Il marito, che l'amava, pensò: «Prima di lasciar morire tua moglie, valle a prendere quei raperonzoli, costi quel che costi».

Perciò al crepuscolo scavalcò il muro, entrò nel giardino della maga, colse in tutta fretta una manciata di raperonzoli e li portò a sua moglie. Ella si fece subito un'insalata e la mangiò avidamente. Ma le era piaciuta tanto e tanto, che il giorno dopo la sua voglia era triplicata. Perché si quietasse, l'uomo dovette andare un'altra volta nel giardino. Perciò al crepuscolo scavalcò di nuovo il muro, ma quando mise piede a terra si spaventò terribilmente, perché vide la maga davanti a sé. «Come puoi osare» disse lei facendo gli occhiacci, «di scendere nel mio giardino e di rubarmi i raperonzoli come un ladro? Me la pagherai!»

«Ah» egli rispose «siate pietosa! A questo fui spinto da estrema necessità: mia moglie ha visto i vostri raperonzoli dalla finestra e ne ha tanta voglia che morirebbe se non potesse mangiarne».

La collera della maga svanì ed ella disse: «Se le cose stanno come dici, ti permetterò di portar via tutti i raperonzoli che vuoi, ma ad una condizione; devi darmi il bambino che tua moglie metterà al mondo. Sarà trattato bene e io sarò a lui come una madre».

Impaurito, l'uomo accettò e quando la moglie partorì, apparve subito la maga, chiamò la bimba Raperonzolo e se la portò via.

Raperonzolo diventò la più bella bambina del mondo. Quando ebbe dodici anni, la maga la rinchiuse in una torre che sorgeva nel bosco e non aveva né scala né porta, ma solo una minuscola finestrina in alto in alto. Quando la maga voleva entrare, si metteva finestra e gridava: «Raperonzolo, lascia pender la tua treccia!». Raperonzolo aveva capelli lunghi e bellissimi, sottili come oro filato. Quando udiva la voce della maga, si slegava le trecce, le annodava a un cardine della finestra, ed esse ricadevano per una lunghezza di venti braccia, e la maga ci si arrampicava.

Dopo qualche anno, avvenne che il figlio del re, cavalcando per il bosco, passò vicino alla torre. Udì un canto cosi soave, che si fermò ad ascoltarlo: era Raperonzolo, che nella solitudine passava il tempo facendo dolcemente risonar la sua voce. Il principe voleva salire da lei e cercò una porta, ma non ne trovò. Tornò a casa, ma quel canto tanto lo aveva tanto commosso che ogni giorno andava ad ascoltarlo nel bosco.

Una volta, mentre se ne stava dietro un albero, vide avvicinarsi la maga e l'udì gridare: «Raperonzolo, lascia pender la tua treccia!». Raperonzolo lasciò pender le trecce e la maga salì da lei. «Se questa è la scala per cui si sale, tenterò anch'io la mia fortuna» pensò il principe. Il giorno dopo, sull'imbrunire, andò alla torre e gridò: «Raperonzolo, lascia pender la tua treccia!» Subito dall'alto si snodarono i capelli e il principe salì. Dapprima Raperonzolo ebbe una gran paura quand'egli entrò, perché i suoi occhi non avevan mai visto un uomo; ma il principe cominciò a parlarle con grande dolcezza e le narrò che il suo cuore era stato così turbato dal canto di lei da non lasciargli più pace e aveva dovuto vederla. Allora Raperonzolo non ebbe più paura e quando egli le chiese se lo voleva per marito ed ella vide che era giovane e bello, pensò: «Mi amerà più della vecchia signora Gothel», disse di sì e mise la mano in quella di lui dicendo: «Verrei ben volentieri, ma non so come fare a scendere. Quando vieni, portami una matassa di seta: la intreccerò e ne farò una scala; e quando è pronta, scendo, e tu mi prendi sul tuo cavallo».

Combinarono che fino a quel momento egli sarebbe venuto tutte le sere; perché di giorno veniva la vecchia. La maga non si accorse di nulla, finché una volta Raperonzolo prese a dirle: «Ditemi, signora Gothel, come mai siete tanto più pesante da tirar su del giovane principe? Quello è da me in un momento»

«Ah, bimba sciagurata!» gridò la maga «cosa mi tocca sentire! Pensavo di averti separata da tutto il mondo e invece tu mi hai ingannata!»

Furibonda, afferrò i bei capelli di Raperonzolo, li avvolse due o tre volte intorno alla mano sinistra, afferrò con la destra un paio di forbici e, tric trac, eccoli tagliati e le belle trecce giacevano a terra. E fu cosi spietata da portare la povera Raperonzolo in un deserto, ove dovette vivere in gran pianto e miseria.

Il giorno in cui aveva scacciato Raperonzolo dalla torre, assicurò le trecce recise al cardine della finestra e quando arrivò il principe e gridò: «Raperonzolo, t'affaccia, lascia pender la tua treccia!». Il principe salì, ma, invece della sua diletta, trovò la maga, che lo guardava con due occhiacci velenosi.

«Ah» esclamò beffarda «sei venuto a prendere la tua bella! Ma il bell'uccellino non è più nel nido e non canta più; il gatto l'ha preso e a te caverà gli occhi. Per te Raperonzolo è perduta, non la vedrai mai più»

Il principe andò fuori di sé per il dolore, e disperato saltò giù dalla torre: ebbe salva la vita, ma le spine fra cui cadde gli trafissero gli occhi. Errò, cieco, per le foreste; non mangiava che radici e bacche e non faceva che piangere e lamentarsi per la perdita della sua diletta sposa. Così per alcuni anni andò vagando miseramente; alla fine capitò nel deserto in cui Raperonzolo viveva fra gli stenti, coi due gemelli che aveva partorito, un maschio e una femmina. Udì una voce, e gli sembrò ben nota: si lasciò guidare da essa, e quando si avvicinò, riconobbe Raperonzolo che gli saltò al collo e pianse. Ma due di quelle lacrime gli inumidirono gli occhi; essi allora si schiarirono di nuovo, ed egli poté vederci come prima. La condusse nel suo regno,

dove fu riabbracciato con gioia; e vissero ancora a lungo felici e contenti.

B.7 La vispa Teresa

La vispa Teresa
avea tra l'erbetta
A volo sorpresa
gentil farfalletta
E tutta giuliva
stringendola viva
gridava a distesa:
«L'ho presa! L'ho presa!».
/linebreak
A lei supplicando
l'afflitta gridò:
«Vivendo, volando
che male ti fò?
Tu sì mi fai male
stringendomi l'ale!
Deh, lasciami! Anch'io
son figlia di Dio!».
/linebreak
Teresa pentita
allenta le dita:
«Va', torna all'erbetta,
gentil farfalletta».
Confusa, pentita,
Teresa arrossì,
dischiuse le dita
e quella fuggì.

B.8 La zanzara e il leone

C'era una piccola zanzara assai furba e spavalda. Stanca di giocare con le solite amiche, decise un giorno, di lanciare una sfida al Re della foresta. Si presentò così davanti al sovrano che era il leone e lo salutò con un rispettoso inchino. Il grande Re che era intento a schiacciare uno dei suoi pisolini più belli lungo la riva di un fiume, lanciò una distratta occhiata all'insetto.

«Oh! Buongiorno». Rispose Sua Maestà spalancando la bocca in un possente sbadiglio.

La zanzara disse: «Sire, sono giunta davanti a Voi per lanciarvi una sfida!» Il leone, un po' più interessato, si risvegliò completamente e si mise ad ascoltare.

«Voi» continuò l'insetto «credete di essere il più forte degli animali eppure io dico che se facessimo un duello riuscirei a sconfiggervi!».

Il Sovrano divertito disse: «Ebbene se sei tanto sicura,proviamo!»

In men che non si dica il piazzale si riempì di animali d'ogni genere desiderosi di assistere alla sfida. Il singolar tenzone ebbe inizio. L'insetto andò immediatamente a posarsi sul largo naso dell'avversario cominciando a pungerlo a più non posso. Il povero leone preso alla sprovvista tentò con le sue enormi zampe di scacciare la zanzara ma, invece di eliminarla, egli non fece altro che graffiarsi il naso con i suoi stessi artigli. Estenuato, il Re della foresta, si gettò a terra sconfitto. Così, la piccola zanzara fu acclamata da tutti i presenti.

Levandosi in volo colma di gioia, la zanzara non si accorse però della tela di un ragno tessuta tra due rami e andò ad imprigionarvisi proprio contro. Intrappolato in quell'infida ragnatela l'insetto scoppiò in lacrime, consapevole del pericolo che stava correndo. Fortunatamente il leone, che aveva assistito alla scena, con una zampata distrusse la tela e liberò la piccolina dicendo: «Eccoti salvata mia cara amica. Ricordati che esiste sempre qualcuno più forte di te! E questo me lo hai insegnato proprio tu!» La zanzara, da quel giorno imparò a tenere un po' a freno la propria spavalderia.