**Indice generale**

[Introduzione 2](#__RefHeading___Toc259_3080710505)

[L’utente 2](#__RefHeading___Toc261_3080710505)

[La scuola 2](#__RefHeading___Toc263_3080710505)

[La comunicazione nelle persone con sindrome di Down 4](#__RefHeading___Toc265_3080710505)

[Abilitazione e preservazione 7](#__RefHeading___Toc267_3080710505)

[Gli interventi terapeutici in età adulta 8](#__RefHeading___Toc269_3080710505)

[La ricerca 9](#__RefHeading___Toc271_3080710505)

[La musica e l’educazione inclusiva 10](#__RefHeading___Toc273_3080710505)

[L’idea 11](#__RefHeading___Toc275_3080710505)

[Dinamica interazionale proposta 11](#__RefHeading___Toc277_3080710505)

[Il confronto con le app esistenti 12](#__RefHeading___Toc283_3080710505)

[Sfide tecnologiche 12](#__RefHeading___Toc285_3080710505)

[Creazione di brani 13](#__RefHeading___Toc287_3080710505)

[Correzione del testo ripetuto dall’utente 14](#__RefHeading___Toc447_3677433886)

[Riconoscimento dell’umore 14](#__RefHeading___Toc449_3677433886)

[Ricerca di testo legato ad un soggetto e ricerca di brano legato a particolari parole o immagini legate alle parole 14](#__RefHeading___Toc451_3677433886)

[Multiplatform 14](#__RefHeading___Toc453_3677433886)

[Spikes 15](#__RefHeading___Toc541_3497768401)

[Composizione della musica e come usare AI per comporla 20](#__RefHeading___Toc981_3668961881)

[Musica prima, testo poi (Approccio tradizionale e più semplice da automatizzare) 20](#__RefHeading___Toc1032_647878292)

[Testo prima, musica poi (Maggiore complessità nell'automazione) 21](#__RefHeading___Toc1038_647878292)

[Scrittura parallela (Approccio complesso) 22](#__RefHeading___Toc1044_647878292)

[Priorità della Musica nella Composizione Automatizzata 22](#__RefHeading___Toc1050_647878292)

[Requisiti 23](#__RefHeading___Toc291_3080710505)

[Requisiti Funzionali 23](#__RefHeading___Toc696_1956279953)

[Requisiti Non Funzionali 23](#__RefHeading___Toc698_1956279953)

[Requisiti Tecnici 24](#__RefHeading___Toc700_1956279953)

[Analisi 24](#__RefHeading___Toc808_3667619969)

[Design 25](#__RefHeading___Toc810_3667619969)

[Schermate 25](#__RefHeading___Toc877_2385523376)

[Architettura e attività proposte 28](#__RefHeading___Toc812_3667619969)

[Implementazione 29](#__RefHeading___Toc879_2385523376)

[Valutazione 29](#__RefHeading___Toc881_2385523376)

[Futuri sviluppi 29](#__RefHeading___Toc883_2385523376)

[Appendice: intelligenza artificiale 29](#__RefHeading___Toc1226_4218262991)

[Addestramento attraverso backpropagation 32](#__RefHeading___Toc1405_1210687093)

[Tensorflow vs Pytorch 33](#__RefHeading___Toc1407_1210687093)

[Tipologie di Apprendimento delle Reti Neurali 34](#__RefHeading___Toc1441_1210687093)

[Bibliografia 39](#__RefHeading___Toc293_3080710505)

# Introduzione

Il progresso tecnologico ha aperto nuove opportunità per migliorare la vita delle persone con disabilità, offrendo strumenti in grado di supportare l’autonomia, la comunicazione e la gestione delle attività quotidiane. L’obiettivo di questa tesi è la ricerca e lo sviluppo di un applicativo software rivolto a persone con disabilità, con particolare riferimento a quelle affette da sindrome di Down, allo scopo di rispondere alle loro esigenze specifiche e contribuire al miglioramento della qualità della vita.

L’applicativo si prefigge di facilitare la vita quotidiana delle persone con disabilità, incrementando la loro autonomia, migliorando le loro capacità di comunicazione e riducendo il carico di lavoro per i caregiver. Si prevede che l’utilizzo di una tecnologia accessibile e adattabile possa favorire l’inclusione sociale e l’autodeterminazione degli utenti.

La ricerca contribuirà allo sviluppo di strumenti tecnologici innovativi e inclusivi, con un forte impatto sociale. L’applicativo proposto mira a colmare le lacune esistenti nelle soluzioni tecnologiche per le persone con disabilità, promuovendo un accesso equo e facilitando una maggiore partecipazione degli individui disabili nella società.

# L’utente

La sindrome di Down è una malattia genetica nella quale una persona possiede una copia supplementare di un cromosoma chiamato cromosoma 21. Questo cromosoma supplementare causa molti problemi di salute.

Il quadro clinico delle persone affette da Sindrome di Down presenta alcuni elementi ricorrenti, quali:

* **deficit intellettivo** di grado variabile
* sviluppo motorio ritardato
* problemi di salute
* problemi di comunicazione e liguaggio
* problematiche sociali e comportamentali
* invecchiamento precoce e declino cognitivo
* benessere emotivo (spesso depressione)

# La scuola

La normativa italiana dal 2009 ha surclassato il termine di integrazione e ha introdotto il termine di inclusione nelle scuole italiane. Per integrazione si intende che la scuola deve accogliere l’alunno rimodellando il suo approccio didattico e valorizzando la diversità che diventa risorsa per il gruppo.

Negli ultimi anni, le normative in fase di sviluppo pongono un accento crescente sull’autonomia scolastica, riconoscendo alle istituzioni scolastiche la possibilità di selezionare i propri programmi educativi in base alle specifiche necessità dei propri studenti. Tale orientamento implica che la programmazione educativa non si limiti alla strutturazione del curricolo obbligatorio, ma possa estendersi all’organizzazione di attività scolastiche integrative, destinate a gruppi di alunni, con l’obiettivo di realizzare interventi pedagogici mirati e individualizzati. Questi interventi, infatti, devono essere progettati in funzione delle peculiarità e delle esigenze di ciascun alunno, garantendo un percorso di apprendimento il più possibile personalizzato e rispondente alle diverse necessità formative e di sviluppo.

Con questi presupposti si evidenziano le esigenze di nuovi approcci didattici e nuovi strumenti di supporto per l’attività didattica. In particolare l’insegnante di sostegno dovrà prendersi carico di più responsabilità e non lasciare l’alunno con difficoltà a meri compiti marginali per non disturbare lo svolgimento del programma didattico standard ma dovrà anche proporre attività che coinvolgano gruppi di persone della classe o anche interclasse per riuscire a creare da un lato sviluppare nelle persone normodotate tatto ed empatia, soft skills apprezzate in qualunque ambiente lavorativo, e dall’altro stimolare nelle persone in difficoltà competenze di socializzazione, motorie e cognitive.

I principali problemi da risolvere in classi dove ci sono persone disabili sono:

* accettazione dell’alunno portatore di disabilità
* superamento delle resistenze psicologiche (stereotipi e pregiudizi)

Diventare insegnanti di sostegno dovrebbe essere dal mio punto di vista un percorso più complesso per preparare meglio lo stesso docente. Attualmente in Italia prevede semplicemente una specializzazione dopo la tua laurea specialistica da 60 cfu chiamata TFA. In Polonia, invece, il percorso per diventare insegnante di sostegno è strutturato e prevede una formazione specifica per fornire il supporto necessario agli studenti con difficoltà di apprendimento, disabilità intellettive, fisiche o disturbi dello sviluppo, come la sindrome di Down o l’autismo. Ecco come funziona il percorso per diventare insegnante di sostegno in Polonia:

1. Formazione accademica: 5 anni di studi universitari per conseguire una laurea in pedagogia speciale o educazione inclusiva. Durante questi studi si possono prendere diverse specializzazioni per andare a trattare le diverse problematiche della disabilità
2. Tirocinio: durante gli anni universitari si conseguono delle esperienze pratiche ad integrazione del percorso teorico
3. Esame finale: bisogna conseguire un’abilitazione all’insegnamento in cui ti mettono alla prova per identificare non solo i migliori insegnanti ma le persone con maggiore empatia e attitudine nello svolgere queste professioni delicate.
4. Formazione continua dopo gli studi. Chi tratta persone disabili non modifica solo la vita del ragazzo disabile ma dell’intera famiglia che lo supporta e quindi educatori e insegnanti che gestiscono persone disabili dovrebbero essere persone molto specializzate.

Per trattare persone con esigenze speciali è necessario conoscere principalmente 3 tipologie di competenze:

1. Pedagogiche, perché si è pur sempre educatori
2. Psicologiche, perché si trattano persone fragili
3. Antropologiche, per capire il contesto familiare e culturale in cui vive il discente

A supporto di queste 3 competenze principali ogni insegnante al giorno d’oggi dovrebbe avvalersi di un computer e di applicazioni che aiutino lo svolgimento del suo compito.

Da questo pensiero si potrebbe approfondire il rapporto tra scuola, computer e bambino e le sue capacità di apprendere in età moderna, ma questo non è argomento di ricerca. Invece importante per quello che tratterò e lo sviluppo del linguaggio che in persone normodotate si sviluppa in 3 fasi e in determinate età:

1. linguaggio autistico volto a soddisfare i bisogni essenziali dell’io che compare al secondo anno di vita (fame, sete, dolore)
2. linguaggio egocentrico incentrato sul proprio punto di vista
3. linguaggio sociale che compare attorno al settimo anno di vita in cui prendono visioni empatiche delle problematiche

# La comunicazione nelle persone con sindrome di Down

Per persone disabili con sindrome di down in molti casi la comunicazione è ferma per lo più allo stadio pre-operatorio con anche difficoltà motorie nel formulare alcune parole complesse o particolari fonemi in quanto hanno anche caratteristiche fisiche che ostacolano la capacità comunicativa come una lingua più grande.

Queste difficoltà possono portare ad una bassa realizzazione di se stessi sfociando in episodi di impatto sociale negativo.

Figura 1: Piramide di Maslow

Nella nota piramide di Maslow una persona con sindrome di down ha difficiltà ad arrivare al secondo scalino. Essendo persone fragili vanno protette da situazioni che essi stessi causano.

La comunicazione verbale limitata fa si che la comunicazione non verbale sia molto pronunciata ma chi non è allenato a percepirla fa difficoltà nel comunicare rendendo la comunicazione in una sola direzione e aumentando la frustrazione della persona con disabilità.

La sindrome di Down è classificata come una disabilità intellettiva, caratterizzata da una compromissione cognitiva di vari livelli. Tuttavia, oltre agli aspetti cognitivi, questa condizione comporta anche disabilità di tipo motorio che coinvolgono sia le attività grosso-motorie, come il camminare e il mantenimento dell’equilibrio, sia le attività fino-motorie, che richiedono precisione e coordinazione, come ad esempio allacciarsi le scarpe. Tale compromissione motoria si manifesta con una ridotta tonicità muscolare (ipotonia) e una difficoltà nella coordinazione dei movimenti, fattori che influenzano negativamente l'autonomia individuale nelle attività quotidiane.

In passato, l'aspettativa di vita per le persone affette da sindrome di Down era significativamente ridotta. Tuttavia, grazie ai progressi della medicina e all'attenzione sanitaria, tale aspettativa si è notevolmente estesa. Nonostante questi miglioramenti, è stato osservato che, nelle persone adulte con sindrome di Down, l’insorgenza di demenza senile si manifesta in età relativamente precoce, spesso già tra i 40 e i 50 anni. Questo fenomeno è frequentemente associato a una ridotta stimolazione cognitiva e ambientale, che contribuisce al declino delle funzioni cognitive in età adulta. Inoltre, la mancanza di una stimolazione educativa costante potrebbe favorire l'insorgenza di disturbi dello spettro autistico nelle persone con sindrome di Down. L'assenza di un adeguato supporto educativo e cognitivo può infatti compromettere ulteriormente lo sviluppo delle capacità relazionali e comunicative, aggravando il quadro clinico e comportamentale di questi individui. Una stimolazione continua e mirata riveste quindi un ruolo fondamentale nel prevenire o ridurre l'insorgenza di tali disturbi associati.

Per migliorare attività cerebrali e motorie, il gioco riveste un ruolo formativo determinante per lo sviluppo della sua personalità. Il gioco è considerato come il modo più naturale di costruire i propri modelli di conoscenza e di comportamento.

Attraverso l’attività ludica il bambino prende coscienza della realtà circostante, si sente protagonista dell’azione, afferma sé stesso e le sue esigenze arricchendo, così, la sua immaginazione. Tale attività, inoltre, avvia il bambino alla conoscenza di ciò che accade attorno a lui, e quindi sviluppa le sue capacità cognitive: è con il gioco che gli esseri umani imparano ad adattare le situazioni ai loro scopi, ne analizzano le catteristiche e ne stabiliscono le relazioni tra vari elementi della realtà.

Vygotskij, psicologo e pedagogista russo, noto soprattutto per i suoi contributi alla psicologia dello sviluppo e all'educazione, riteneva che il gioco svolgesse un ruolo anticipatorio contribuendo così alla creazione di una “zona di sviluppo prossimale”. Per quest’ultima si intende lo spazio esistente tra la concreta attitudine a risolvere un problema e il livello di “sviluppo potenziale” stabilito dalla medesima capacità di vivere le esperienze.

Un’altra problematica delle persone con sindrome di down è la capacità di attenzione. Sono gli utenti più distratti di qualsiasi applicazione si possa pensare di ideare. Un modo per rendere attrattiva un applicazione ideata per questa tipologia di utenti è renderla interattiva, semplice e ludica.

E’ fondamentale inoltre analizzare il gioco in quanto strumento motivazionale. Un gioco è più motivante quando:

* presenta un’ambientazione che polarizza l’attenzione del soggetto
* ha elementi di sorpresa e scoperta che stimolano il giocatore a proseguire per soddisfare la curiosità
* è di difficoltà adeguata in quanto se troppo difficile spezzerebbe la sensazione piacevole di coinvolgimento e se troppo semplice annoierebbe
* non ha troppe spiegazioni o regole o capacità che l’utente ha difficoltà ad usare

Per quest’ultimo punto ci sono ricerche che evidenziano che persone con sindrome di down hanno difficoltà in particolari gesture e quindi l’usabilità di applicazioni per questi utenti è necessaria farla in maniera consona[[2](#_toc51)].

In particolare si nota che le persone con la sindrome di down hanno difficoltà a capire il significato delle icone o con l’uso del mouse. I testi lunghi provocano un affaticamento e quindi disincentivano il meccanismo del divertimento. L’audio in un video non deve essere troppo forte ne troppo debole. Se troppo debole viene ignorato, mentre se troppo forte viene assimilato a stati confusionali della persona. Task cronometrati provocano stress e quindi peggiorano le performance dell’utente. Colori ben definiti senza sfumature di colore riescono ad attrarre l’attenzione più di colori misti: quindi un magenta è sconsigliabile in quanto potrebbe essere confuso con il rosa o l’arancione.

La memoria a breve termine è lunga all’incirca 25 parole e possono avere problemi linguistici di espressione e dura meno rispetto ad una persona con capacità tipiche. Un punto di forza per le persone con la sindrome di down è invece la memoria a lungo termine praticamente illimitata, infatti tendono a ruminare in modo persistente su determinati pensieri in maniera ossessiva così da rendere indelebile il ricordo. Bisogna specificare comunque che nella memoria a lungo termine la memoria esplicita, cioè quella consapevole e intenzionale (richiamabile deliberatamente), risulta leggermente compromessa.

Inoltre queste parole vengono ricordate meglio nella memoria a breve termine se hanno 2 caratteristiche:

* sono diverse tra di loro. Quindi vino, lino e pino provocano confusione nel distinguerle e quindi mettere nella stessa frase parole simili aumenta la probabilità che non se le ricordino
* sono difficili da articolare. Un dittongo complesso o una parola particolarmente lunga può generare stress nell'utente, portandolo ad abbreviare o alterare la parola.

Rondal, J.A nella sua ricerca sullo sviluppo cognitivo delle persone con sindrome di Down nel 2004, come altri in precedenza conferma che essi non compiono la reiterazione articolatoria durante gli stimoli verbali: tale mancanza accelera il decadimento delle traccie di memoria dal magazzino fonologico. Nonostante questo il peggioramento evidente nei compiti in cui bisogna ripetere una sequenza all'indietro fa pensare che anche il sistema che controlla l'organizzazione e la gestione delle informazioni (sistema esecutivo) abbia delle responsabilità nella compromissione della gestione della memoria.

Le persone con sindrome di Down sembrano quindi avere più difficoltà ad apprendere mediante modalità esplicite, mentre appaiono relativamente più accessibili apprendimenti impliciti, cioè basati sull’esperienza e sul fare. Essi possono essere impiegate in vari ambiti lavorativi, come il giardinaggio o la ristorazione, ad esempio presso McDonald's, e in numerosi casi dimostrano di essere più produttive rispetto ai loro coetanei senza disabilità.

Nel linguaggio presentano un deficit marcato nelle competenze liguistiche rispetto alle altre abilità motorie, cognitive e sociali se paragonati a bambini con ritardi mentali di diversa eziologia o con sviluppo tipico. Distinguendo tra linguaggio prodotto e linguaggio compreso, si osserva che, soprattutto nei primi 15-20 anni di vita e anche successivamente, le persone con sindrome di Down presentano maggiori difficoltà nell'esprimersi rispetto alla comprensione del linguaggio.

Le difficoltà comunicative possono avere un impatto profondo sul benessere psicologico e sociale degli individui, conducendo a fenomeni di isolamento e frustrazione che, in taluni casi, possono sfociare in comportamenti antisociali. Questo rischio è particolarmente elevato in presenza di sentimenti di depressione, i quali possono essere acuiti dalla limitata capacità di interazione con l’ambiente sociale circostante.

Lera Boroditsky[11], nel suo intervento TED, sostiene che il linguaggio non rappresenta un semplice strumento di comunicazione, ma una vera e propria guida per il pensiero e, di conseguenza, per le azioni. Secondo la sua prospettiva, le strutture linguistiche non solo modellano il modo in cui gli individui percepiscono la realtà, ma influenzano anche il modo in cui si relazionano con il mondo. Le differenze linguistiche, ad esempio nelle concezioni temporali, spaziali o emotive, possono indurre modi di pensare e di agire differenti tra i parlanti di lingue diverse, con un impatto diretto sulle loro esperienze quotidiane.

Tale connessione tra linguaggio e pensiero diviene cruciale quando si considerano le implicazioni delle difficoltà linguistiche. L'incapacità di comunicare efficacemente non solo ostacola la capacità dell’individuo di comprendere e farsi comprendere, ma può anche compromettere la sua partecipazione sociale, contribuendo all'insorgere di stati di alienazione e disagio psicologico fino ad arrivare alla depressione.

Le persone adulte con sindrome di Down mostrano un'insorgenza di demenza senile e Alzheimer più precoce rispetto alle persone con sviluppo tipico. Considerando che ogni forma di demenza presenta un decorso clinico variabile, è possibile che questa variabilità sia ancora più accentuata nelle persone con sindrome di Down, soprattutto se adeguatamente stimolate.

L'uso del computer o di dispositivi tecnologici come il telefono cellulare può rivelarsi particolarmente vantaggioso per le persone con sindrome di Down, poiché facilita l'apprendimento di nuove abilità e competenze. Grazie a una buona memoria implicita, queste persone possono acquisire rapidamente le piccole funzionalità tecnologiche, richiedendo un impegno minimo. Inoltre, le applicazioni e i programmi didattici disponibili possono essere progettati per adattarsi alle loro esigenze specifiche, migliorando ulteriormente l'efficacia dell'apprendimento.

# Abilitazione e preservazione

Nelle persone con sindrome di Down, il processo di riabilitazione si trasforma in un processo di abilitazione, poiché le competenze devono essere sviluppate e potenziate. Questo approccio è fondamentale affinché, in età avanzata, tali competenze possano essere preservate e mantenute.

È fondamentale sviluppare un approccio e soluzioni personalizzate per ogni problematica e per ciascun utente. È necessario disporre di molteplici strumenti per affrontare le diverse difficoltà. La valutazione continua da parte di un terapista consente di selezionare gli strumenti più appropriati da utilizzare. Le strategie adottate non devono necessariamente seguire un programma prestabilito; è essenziale avere una varietà di strumenti a disposizione per facilitare l'interazione con la persona in difficoltà.

È fondamentale fornire un rinforzo visivo e gestuale in qualsiasi terapia mirata a stimolare la comunicazione, poiché studi hanno dimostrato che la memoria visiva facilita la memorizzazione implicita nei soggetti.

Un punto di forza da valorizzare è la perseveranza. Quando viene individuata un'attività che suscita il loro interesse, le persone con sindrome di Down tendono a ripetere l'esercizio in modo intenso e costante, mostrando una notevole resistenza e assenza di perdita di interesse.

Data l'ampia varietà di capacità presenti tra gli utenti o dello stesso utente in diverse età, è necessario distinguere l'applicazione in diversi livelli di difficoltà e adattare progressivamente tali difficoltà, proprio come avviene nei giochi.

Le persone con sindrome di Down, in quanto individui unici con proprie personalità, presentano caratteristiche e interessi diversi. È un errore comune considerare che tutti gli individui con sindrome di Down siano necessariamente sensibili o sempre felici; al contrario, esistono anche persone che possono adottare comportamenti bullistici, altri che magari nutrono un'elevata autostima tanto da considerarsi magari bellissimi oppure altri che hanno un’autostima bassa. Quindi bisogna provare a creare un modo per rafforzare le loro debolezze o smorzare comportamenti antisociali durante la terapia.

In alcune fasi della vita, è fondamentale fornire anche un'educazione sessuale adeguata alle persone con sindrome di Down, poiché questa non deve essere considerata un'opzione, ma un diritto essenziale. L'approccio all'educazione sessuale deve essere personalizzato in base alle capacità individuali e alle eventuali problematiche riscontrate. Inoltre, in alcuni casi, è utile attuare interventi di gruppo, poiché il contesto sociale può influenzare negativamente le dinamiche tra pari e contribuire a malintesi o comportamenti inappropriati.

Fornire supporti per attività quotidiane semplici, come la selezione del campanello da suonare per comunicare con il vicino di casa, e per l'educazione a evitare comportamenti pericolosi, come accendere un fornello o aprire la porta di casa a sconosciuti è un altro campo in cui la terapia può aiutare a migliorare la vita di queste persone. Attività che possono sembrare banali per una persona senza disabilità possono rivelarsi non scontate per individui con sindrome di Down.

Alcuni studi hanno effettivamente esplorato l'utilizzo di approcci farmacologici per affrontare i problemi cognitivi associati alla sindrome di Down, sperimentando su modelli murini farmaci volti a modificare la struttura e la funzionalità del cervello. Questi farmaci mirano, in particolare, a migliorare la plasticità sinaptica, la memoria e l'apprendimento negli animali, tentando di contrastare i deficit cognitivi legati alla condizione. Ad esempio, alcuni studi hanno esaminato l'effetto di farmaci che modulano il sistema dell'acido gamma-aminobutirrico (GABA), cercando di ridurre l'inibizione neurale e migliorare la comunicazione tra le cellule cerebrali [13]. Tuttavia queste sperimentazioni sono dal mio punto di vista, per quanto affascinanti, possono sembrare piuttosto ottimistiche e speculative. Anche qualora i farmaci riuscissero a produrre miglioramenti cognitivi in modelli animali, le differenze tra il cervello dei topi e quello umano rendono complesso prevedere risultati simili nelle persone. Gli interventi farmacologici potrebbero, nel migliore dei casi, fornire un aiuto parziale, ma è improbabile che possano "curare" completamente una condizione complessa e multisistemica come la sindrome di Down.

In sintesi, mentre la ricerca farmacologica offre spunti interessanti, il vero potenziale di intervento sembra risiedere in un approccio più olistico, che comprenda il supporto educativo, sociale e terapeutico per affrontare le sfide legate a questa condizione.

Con ciò non intendo affermare che il supporto educativo rappresenti la soluzione a tutti i problemi, poiché molteplici fattori contribuiscono alla complessità della situazione.



Nel **modello ICF** (Classificazione Internazionale del Funzionamento, della Disabilità e della Salute), la disabilità e il funzionamento sono visti come il risultato dell'interazione tra condizioni di salute (malattie, disturbi e lesioni) e fattori contestuali. I **fattori contestuali** includono sia i **fattori ambientali** che i **fattori personali**.

* I **fattori ambientali** sono esterni e comprendono atteggiamenti sociali, cultura, geografia e caratteristiche architettoniche.
* I **fattori personali** sono interni e includono sesso, età, caratteristiche della personalità, background sociale, istruzione, esperienze di vita, attività professionali e non professionali, e qualsiasi altro fattore che possa influenzare come una persona vive la propria disabilità.

# Gli interventi terapeutici in età adulta

1. Gli interventi terapeutici per gli adulti con sindrome di Down sono orientati a un approccio multidisciplinare e personalizzato. Vanno oltre il trattamento delle condizioni fisiche, includendo il supporto cognitivo, emotivo e sociale, con l’obiettivo di preservare l’autonomia e promuovere il benessere complessivo. Un approccio continuo e integrato tra professionisti della salute, caregiver e reti di supporto è essenziale per rispondere alle sfide uniche di questa fase della vita.
2. Le attività proposte possono includere, a titolo esemplificativo, le seguenti:

* Nuoto, volto a favorire lo sviluppo della muscolatura e migliorare le capacità motorie globali;
* Cartonaggio, finalizzato allo sviluppo della motricità fine e al potenziamento delle abilità manuali;
* Passeggiate di gruppo o scuola calcio, con l’obiettivo di promuovere la socializzazione tra persone con disabilità e favorire l’inclusione sociale;
* Laboratorio di ceramica o pelletteria, per migliorare la manualità e affinare le competenze tecniche attraverso l'uso di materiali specifici;
* Creazione di magliette serigrafate, attività che stimola la creatività e favorisce l’espressione personale attraverso l’arte;
* Cucina, che può rappresentare un’opportunità di apprendimento professionale, nonché un mezzo per rafforzare l’autostima e la fiducia nelle proprie capacità.

1. Tali attività vengono selezionate in base alle abilità individuali della persona, alle sue attitudini personali e agli obiettivi di miglioramento specifici concordati, tenendo conto delle esigenze e delle potenzialità di ciascun partecipante.

# La ricerca

Con questi presupposti ho fatto una ricerca per cercare applicazioni già sviluppate e trovare un’applicazione utile e non ancora sviluppata. Ho trovato applicazioni [3][4][5] per imparare la matematica, applicazioni per migliorare l’equilibrio in quanto principale fonte di cadute soprattutto quando hanno 6/8 anni, applicazioni per leggere/scrivere e coordinarsi. Ho addirittura trovato un’applicazione per esercitare la lingua in quanto le persone con sindrome di down hanno la lingua più grande del normale e fanno difficoltà a gestirla per parlare.

Quello che non sono riuscito a trovare sono applicazioni che aiutassero nella comunicazione intesa non come atto del parlare ma intesa come scambio di pensieri tra persone e nella socializzazione.

I benefici che ci sarebbero nello stimolare queste capacità sarebbero enormi, in quanto attraverso la comunicazione la persona con esigenze particolari riuscirebbe a evitare atteggiamenti antisociali migliorando anche la sua qualità di vita.

Effetto secondario non di poco conto la socializzazione riuscirebbe a stimolare anche altre dinamiche come la peer education in cui sono gli stessi coetanei a creare un naturale passaggio di conoscenze, emozioni ed esperienze, mettendo così in moto un processo di comunicazione globale che diviene una vera e propria occasione di arricchimento e di scambio per il singolo adolescente.

Paul Watzlawick, psicologo e filosofo austriaco specializzato in comunicazione, ha dichiarato che l’essere umano non riesce a non comunicare. Le modalità con cui si comunica dipende dalla capacità dell’individuo e tutta la comunicazione influenza il comportamento umano. Per il sociologo Zygmunt Bauman il fallimento di una relazione è quasi sempre un fallimento di comunicazione.

I disturbi del linguaggio si possono distinguere in diverse tipologie:

1. fonetico-fonologico, una difficoltà nella produzione dei suoni dell’eloquio
2. disturbo della fluenza (balbuzie)
3. disturbo della comunicazione sociale come scambiarsi informazioni o convenevoli

Per una persona con sindrome di Down, i principali problemi fonetici vengono generalmente affrontati durante l'età scolare con l'intervento di logopedisti. Tuttavia, sarebbe necessaria una presa in carico logopedica continuativa lungo tutto l'arco della vita, poiché le abilità non costantemente esercitate tendono a deteriorarsi nel tempo in individui con questa condizione. Oltre ai problemi fonetici, un'altra difficoltà rilevante è rappresentata dalle problematiche legate alla comunicazione sociale, che spesso non ricevono l'attenzione adeguata all'interno del sistema scolastico italiano, risultando così trascurate nel processo educativo complessivo.

# La musica e l’educazione inclusiva

Nel mondo ci sono scuole [6] che basano la loro educazione a persone disabili sulla musica in quanto la musica è uno strumento di inclusione di per sé. La musica è un linguaggio universale che trascende le barriere. Per le persone con disabilità, può rappresentare uno spazio in cui si superano i limiti fisici o mentali. I programmi educativi e i laboratori di musicoterapia sono diffusi in molti contesti terapeutici per promuovere lo sviluppo cognitivo, emotivo e motorio. La **musicoterapia** è particolarmente efficace con persone affette da disturbi dello spettro autistico, difficoltà di apprendimento, disabilità motorie e altre condizioni neurologiche. La musica aiuta a migliorare l'autoespressione e la comunicazione, favorendo l'inclusione sociale.

Ci sono persino libri [7] che ne approfondiscono la loro relazione. In particolare la musicoterapia è una pratica diffusa per migliorare la qualità della vita delle persone con disabilità. Grazie alla musica, si riesce a stimolare aree del cervello legate alla memoria, alla motricità e alle emozioni. È utile per:

* Riabilitazione motoria
* sviluppo cognitivo
* supporto emotivo

Attualmente il karaoke viene usato per il trattamento di casi di demenza senile o altri problemi mentali [9][10]. I benefici derivanti dall'attività musicale includono:

* **Partecipazione sociale**: Grazie all’utilizzo della musica attiva, sia tramite la produzione musicale che l'ascolto, la musica diventa uno strumento terapeutico che favorisce attività rieducative, orientate alla presa di coscienza o al lavoro ricostruttivo.
* **Esercizio fisico**: La combinazione di musica e movimento stimola l'attività fisica, contribuendo al miglioramento delle capacità motorie e favorendo il benessere fisico complessivo.
* **Rilassamento**: L’ascolto di determinati tipi di musica, scelti in base alle necessità terapeutiche, può favorire uno stato di rilassamento e ridurre i livelli di stress.
* **Incremento dell’immaginazione**: L’utilizzo della musica può stimolare l’immaginazione, riducendo la tensione e favorendo la focalizzazione su pensieri e sentimenti positivi, contribuendo così al benessere psicologico.

La **musicoterapia** è utilizzata anche per migliorare la parte muscolare[12]. Oltre ai benefici cognitivi ed emotivi, la musicoterapia può avere un impatto positivo sullo sviluppo motorio e sulla coordinazione fisica.

# L’idea

L’idea proposta prevede lo sviluppo di un’applicazione Android dedicata al karaoke, specificamente progettata per rispondere alle esigenze delle persone con sindrome di Down o altre disabilità cognitive. L'applicazione, basata su un'interfaccia semplice e accessibile, consentirebbe agli utenti di interagire con la musica in modo personalizzato e inclusivo.

La personalizzazione potrebbe essere guidata attraverso un form compilato dai genitori prima di iniziare l’utilizzo effettivo in cui poter richiedere età, interessi e eventuali problematiche da risolvere. Questo form utilizzato in fase di registrazione può essere modificato anche in un secondo momento.

In termini di funzionalità, l'app potrebbe generare brani musicali con testi situazionali creati dall’intelligenza artificiale (AI) in base al contesto e alle esigenze dell’utente, o consentire il caricamento di brani scelti dall'utente stesso, personalizzando l’esperienza in base ai gusti e alle preferenze individuali. Questa flessibilità permetterebbe di creare un'esperienza musicale più coinvolgente e significativa per ogni utilizzatore, rispondendo alla varietà delle capacità cognitive e delle preferenze personali.

Un elemento innovativo dell’applicazione è l’utilizzo di **tecnologie di riconoscimento facciale** attraverso la telecamera del dispositivo, che consentirebbe di monitorare le reazioni emotive dell’utente durante l’attività di karaoke. Il sistema sarebbe in grado di rilevare eventuali segnali di frustrazione o disagio, intervenendo in tempo reale per correggere l’esperienza in modo positivo e adattivo. In presenza di segnali di frustrazione, l’app potrebbe fornire suggerimenti utili o rallentare il ritmo del brano, oppure, in alternativa, attivare messaggi motivazionali e segnali di incoraggiamento volti a ridurre lo stress e a mantenere alto il livello di coinvolgimento.

Questa dinamica interattiva mira a creare un ambiente musicale privo di pressioni, favorendo il benessere emotivo e facilitando l’apprendimento, la socializzazione e l’espressione personale. L'approccio mirato dell'app, combinando la creazione musicale adattiva con strumenti tecnologici di monitoraggio emotivo, garantirebbe un’esperienza utente empatica e personalizzata, prevenendo l’insorgenza di stress e frustrazione e valorizzando l’attività ludico-educativa del karaoke come strumento di supporto terapeutico.

## Dinamica interazionale proposta

La dinamica interazionale si articola in due fasi principali: una prima fase di apprendimento e memorizzazione delle parole, seguita da una seconda fase in cui le parole apprese vengono utilizzate all'interno di canzoni generate dall'intelligenza artificiale.

### Prima fase: associazione e memorizzazione delle parole

Nella prima fase, l'intelligenza artificiale propone una serie di parole o frasi selezionate, associate a supporti visivi o sonori al fine di facilitare il processo di apprendimento. Gli utenti sono invitati a ripetere le parole proposte, con l'obiettivo di migliorare la propria capacità di riconoscimento e pronuncia. L'IA monitora e corregge attivamente eventuali errori di pronuncia, offrendo un feedback immediato per favorire il miglioramento continuo e la memorizzazione.

Questa fase sfrutta principi pedagogici legati all'apprendimento iterativo e associativo: il ripetersi delle associazioni tra stimolo visivo/sonoro e parola contribuisce al consolidamento delle informazioni nel sistema cognitivo degli utenti. L'intelligenza artificiale svolge un ruolo chiave nella personalizzazione del percorso, adattando la difficoltà e la tipologia delle parole in base alle prestazioni dell'utente.

### Seconda fase: esecuzione di canzoni generate dall'IA

Nella seconda fase, le parole apprese vengono integrate in canzoni generate dall'intelligenza artificiale, offrendo un contesto dinamico e creativo per il loro utilizzo. Le canzoni, basate su melodie semplici e ripetitive, sono create in modo tale da incorporare le parole precedentemente definite, permettendo agli utenti di rinforzare ulteriormente l'apprendimento attraverso il canto.

La scelta del canto come strumento pedagogico si basa sulla sua comprovata efficacia nell'attivazione della memoria a lungo termine e nella promozione di una maggiore partecipazione attiva da parte dell'utente. Cantare le parole apprese all'interno di un contesto musicale stimola la memorizzazione e la fluidità linguistica, migliorando al contempo la pronuncia in modo naturale e divertente.

In sintesi, questa dinamica interazionale propone un ciclo di apprendimento integrato, dove la fase iniziale di memorizzazione viene consolidata attraverso un'attività ludica e partecipativa, rendendo l'apprendimento delle parole più coinvolgente e efficace.

# Il confronto con le app esistenti

**Smule**: App di karaoke molto popolare che consente di cantare in gruppo o da soli. Anche se non è specificamente progettata per persone con disabilità, la sua interfaccia semplice e la vasta libreria di canzoni la rendono adatta per alcuni utenti.

**Karaoke – Sing Unlimited Songs**: Un'app che permette di cantare senza limiti di tempo o di canzoni, con molte opzioni di personalizzazione e che potrebbe essere adattata per un utilizzo più accessibile.

**Singa**: Questa app ha un'interfaccia chiara e semplice che può essere facile da navigare anche per persone con disabilità cognitive lievi.

In ogni caso non esistono app specificatamente progettate per persone con sindrome di down.

# Sfide tecnologiche

In un progetto volto allo sviluppo di un applicativo di supporto per persone con disabilità, come ad esempio quelle affette da sindrome di Down, emergono diverse sfide tecnologiche che richiedono un'analisi approfondita e soluzioni specifiche. Tali sfide derivano dalle particolari esigenze degli utenti finali. Di seguito vengono elencate le principali sfide tecnologiche identificate, che saranno approfondite in termini di possibili soluzioni:

* creare un testo di un brano a partire usando termini ricercati (più altri nuovi che non sono stati studiati)
* creare un brano in base al testo della canzone e a caratteristiche di difficoltà (più è veloce il brano meno sarà facile per l’utente cantarci insieme)
* cattura dell’immagine dell’utente
* interpretazione dell’umore dell’utente
* Riproduzione di testo e musica
* ascolto e correzione del testo ripetuto dall’utente
* ricerca di parole con caratteristiche in base all’utente
* ricerca di immagini legate alle parole
* uso di un tool multipiattaforma così da creare un applicativo web e mobile, partendo l’indagine da kotlin multiplatform
* riconoscimento facciale delle emozioni
* riconoscimento del testo all’interno della canzone

Questo elenco è abbastanza esaustivo dei problemi da risolvere per la riuscita del progetto. Il punto che mi preoccupa di più è la creazione di un brano in quanto non so neanche se è fattibile, quindi partirò con la sperimentazione di questo punto per poi cercare di risolvere anche le altre problematiche con tool che guardino aspetti economici e funzionali.

## Creazione di brani

La fattibilità del progetto è supportata dalla disponibilità di strumenti già esistenti per la generazione di brani musicali basati su parametri predefiniti. Ad esempio, il sito [Suno](https://suno.com/create) permette di creare canzoni in base a specifiche indicazioni. Inserendo la richiesta di "una canzone lenta con le parole: rosso, giallo, blu, i colori Power Rangers", il sistema genera un brano dal ritmo lento e di facile esecuzione. Tuttavia, questo servizio non fornisce API per la creazione automatizzata di musica.

Al contrario, i risultati ottenuti utilizzando [Melobytes](https://melobytes.com/en/app/melobytes) si sono rivelati insoddisfacenti in termini di qualità musicale. Un altro strumento disponibile è [AIVA](https://www.aiva.ai/), il cui utilizzo a livello gratuito è limitato a tre download al mese, rendendo necessario sottoscrivere un abbonamento a partire da 11 euro al mese per un uso più esteso. Questa soluzione, pur valida, non soddisfa l'esigenza di un servizio con una quota freemium più generosa e un modello di pagamento a consumo.

Un altro esempio è [Boomy](https://boomy.com/), che nella versione gratuita non consente il download dei brani creati, analogamente a quanto accade con AIVA. Il servizio [MuseNet](https://openai.com/index/musenet) di OpenAI, invece, non offre API basate su testo e genera musica su diverse ottave, lasciando all'utente la scelta tra i risultati proposti.

Infine, esistono strumenti open-source come [Magenta](https://github.com/magenta), compatibile anche con Android, e [Jukebox](https://github.com/openai/jukebox), entrambi richiedono installazione locale per il loro utilizzo. Tra queste soluzioni, Magenta appare come l'opzione più promettente, motivo per cui verrà esplorata ulteriormente (<https://magenta.withgoogle.com/get-started>).

**AIVA**

Non supporta la creazione di musica a partire dal testo.

**Magenta**

Magenta è un tool per generare musica. Successivamente bisogna combinare il testo con la musica e poi sintetizzare con altri strumenti il testo e combinare insieme il testo e la musica. E’ l’unico approccio disponibile concreto, ma richiede un livello di competenza specifico molto avanzato.

## **Correzione del testo ripetuto dall’utente**

Per fare il confronto e la correzione dei file audio, si può scegliere strumenti come **Librosa** per analisi di basso livello (forma d'onda, spettrogramma) e librerie come **Pydub** o **noisereduce** per correggere i problemi audio più comuni. Questo è un argomento molto vasto per poter proseguire in questo ambito se si vuole ottenere un primo risultato in tempi rapidi.

## Riconoscimento dell’umore

Esistono strumenti gratuiti come dlib (<http://dlib.net/>) oppure servizi a pagamento online per riconoscere come Amazon Rekognition per l’umore della persona. In questo caso è necessario usare strumenti a pagamento per utilizzare questa funzionalità in maniera veloce ed in futuro si può creare una propria implementazione per evitare i costi.

## Ricerca di testo legato ad un soggetto e ricerca di brano legato a particolari parole o immagini legate alle parole

Esistono delle api a pagamento <https://platform.openai.com/> per poter fare questo. I costi sono elevati per la creazione di immagini.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Funzionalità** | **Modello** | **Costo** |
| Ricerche finalizzate a testo | gpt-3.5-turbo | $3.000 / 1M input tokens $6.000 / 1M output tokens |
| Ricerca di brano legato a particolari parole | text-davinci-003 | $12.000 / 1M input tokens $12.000 / 1M output tokens |
| Creazione di immagini | dall-e | $0.016 / image |

Una parola o un segno di punteggiatura produce dagli 1 ai 2 token in media.

Per gestire la creatività massima della ricerca bisogna specificare temperature=2.

Per limitare i costi e quindi i token usati come risposta del messaggio si può usare l’attributo json max\_tokens.

## Multiplatform

Kotlin multiplatform è uno strumento utile per condividere la business logic dell’applicazione lasciando aperta la scelta dei diversi front-end disponibili. Questa scelta presuppone di utilizzare kotlin e poi python per lo sviluppo delle parti di backend.

Flask e Django sono framework web in Python. Possono essere utilizzati per creare applicazioni web che possono funzionare anche come applicazioni mobili (PWA).

Flask è usato quando hai bisogno di un alto grado di libertà nella scelta delle librerie che devono essere scelte di volta in volta e va bene se sei esperto python.

Django è utile quando i progetti sono più complessi e richiedono una forte struttura con molte funzionalità come autenticazione web pronta all’uso e orm integrato. Inoltre essendo un framework di back-end lascia libera la possibilità di sviluppare il front-end con tecnologie web come react, vue o quasar, il quale quest’ultimo prevede nativamente dell’integrazione con capacitor <https://quasar.dev/quasar-cli-vite/developing-capacitor-apps/preparation> per eventuali sviluppi. Capacitor offre accesso alle funzionalità native del dispositivo attraverso un sistema di plugin. Quindi se il dispositivo è un telefono mobile si potrà utilizzare il plug-in che interagirà con la fotocamera.

Un altro framework di front-end degno di essere preso in considerazione è react con l’integrazione di componenti come Chakra UI per costruire interfacce accessibili seguendo le linee guida ARIA. Inoltre si possono integrare altre librerie per costruire html accessibile. Un esempio popolare è **React Accessibility** (o **react-a11y**), essendo una libreria che aiuta gli sviluppatori a identificare e correggere problemi di accessibilità nelle applicazioni React creando regole che devono poi essere rispettate nel codice.

## Spikes

Ho dovuto installare un pacchetto del sistema operativo che rende possibile l’utilizzo delle librerie python.

**FFmpeg** (utilizzato anche da pydub) è un potente e versatile software open-source utilizzato per registrare, convertire, elaborare e trasmettere file audio e video. È uno strumento molto popolare nel mondo della produzione multimediale, grazie alla sua capacità di gestire una vasta gamma di formati e codec per audio, video e immagini. **E’** uno strumento essenziale per chiunque lavori con file audio e video, grazie alla sua capacità di gestire conversioni, compressione, editing, e streaming in modo efficiente e versatile.

**FluidSynth** è un sintetizzatore software open-source che consente di riprodurre suoni musicali utilizzando SoundFont, un formato di file che contiene campioni audio di strumenti musicali. **FluidSynth** è uno strumento potente e versatile per la sintesi audio e la riproduzione musicale, ideale per musicisti, produttori e sviluppatori che desiderano lavorare con strumenti virtuali e SoundFont (trasformando anche midi in wav file).

### Possibile architettura scelta da chagpt

Ho creato un applicazione che concatena la voce sintetizzata di parole scritte a video e un file mp3.

Librerie:

* **Pydub**: Per la manipolazione audio.
* **Flask**: Per il backend dell'app web.
* **Web Audio API**: Per l'elaborazione audio nel browser.

Librerie:

* Flask per l’interfaccia web
* pydub per concatenare la musica e il testo
* gtts per sintetizzare il testo

### Uso di librerie python

**IntonazioneVoce.py**

Ho creato uno script python che varia l’intonazione voce sintetizzandola

Librerie:

* numpy per la modifica dell’intonazione
* gtts per la sintesi vocale
* pydub per l’export in mp3

**NoteConVoce.py**

Ho creato uno script che suona note diverse a diversa lunghezza facendo l’overlay di una voce sintetizzata

Librerie:

* gtts per la sintesi vocale
* pydub per l’overlay della canzone e della voce e per la generazione delle note (pacchetto generators)
* random per la scelta di note casuali

**ManipolazioneOnde.py**

Ho cercato di manipolare le onde sonore con scarsi risultati utilizzando numpy come per la voce

Librerie:

* pydub per l’overlay della canzone e per alzare e abbassare il volume
* gtts per la sintesi vocale
* numpy per la modifica dell’onda sonora

**CreazioneMusicaConSoundFont.py**

Un **SoundFont** (.sf2) è un file che contiene una raccolta di campioni audio (suoni registrati) utilizzati per riprodurre strumenti musicali in formato digitale. Si possono scaricare font gratuiti ad esempio qui:

https://www.zanderjaz.com/downloads/soundfonts/guitars/

Ho creato delle note digitali con music21 generato un flusso musicale e salvato in un file mid.

Un file **MIDI** non contiene suoni veri e propri. È un formato di dati che memorizza informazioni su come la musica dovrebbe essere eseguita. In altre parole, è uno "spartito digitale" che indica le note da suonare, i tempi, le dinamiche, e i cambiamenti di strumenti. Esiste poi una libreria python chiamata Mido che è utile ad accedere a eventi MIDI come note, cambi di strumenti, dinamiche per poi manipolarne il risultato finale come un vero direttore d’orchestra.

Per traformarlo in onde sonore e quindi in un file wav ho usato fluidsinth.

Alla fine ho esportato come sempre il file in mp3 in quanto è un formato più compatto del file.

Librerie:

* music21 per la creazione midi
* pydub per l’export in mp3 e la sovrapposizione del file

**Vocoder.py**

Ho implementato uno script che applica l’autotune della voce rispetto ad una canzone. Gli step eseguiti sono i seguenti:

* tagliato il segnale più lungo
* tagliato in frame sia la voce che la musica
* applicato ad ogni frame la trasformata di Fourier STFT. La Short-Time Fourier Transform (STFT) è una tecnica di analisi dei segnali che permette di studiare le variazioni nel contenuto in frequenza di un segnale nel tempo. È particolarmente utile per l'analisi di segnali non stazionari, come la musica o la voce, dove le frequenze possono cambiare nel tempo.
* determinato come varia l'ampiezza (o il livello) del segnale nel tempo senza considerare la variazione di frequenza
* modulato l'ampiezza del segnale portante (musica) utilizzando l'inviluppo di ampiezza calcolato dal segnale modulante (voce).
* ricostruito il segnale audio applicando l’inverso della STFT
* applicato un filtro passa alto per eliminare un po’ di rumori della voce modulata
* applicato la musica alla voce cantata
* esportata la canzone

Il risultato è il massimo che si può ottenere in maniera digitale con una voce sintetizzata senza note. In alternativa bisognerebbe avere dei font anche per la voce.

### Magenta

Tra le librerie dipendenti si notano tensorflow per il machine learning e l'intelligenza artificiale, mido prima menzionata e imageio per leggere e scrivere immagini in vari formati.

Il manuale di installazione del prodotto sono troppo scarse ed è necessario installare pacchetti come llvm versione 8 che essendo una versione piuttosto vecchia ed essendo su windows senza un’installazione di linux nativa ma usando solo wsl il compilatore c++ o il compilatore python non è definito correttamente.

Anche provando ad installare un ambiente virtuale

python3 -m venv myenv

source myenv/bin/activate # Su Linux/Mac

non sono riuscito a far funzionare magenta in un primo momento su windows.

Ci sono diversi esempi di web app sviluppate con magenta a questo sito: https://magenta.withgoogle.com/demos/web/

Dopo averinstallato linux, ho provato con diverse versioni di python a installare magenta. Ho creato un environment pip e installato **ffmpeg** e ****FluidSynth**. Dopo ho lanciato i seguenti comandi:**

sudo apt-get install -qq fluid-soundfont-gm build-essential libasound2-dev libjack-devC

per installare librerie e compilatori necessari alla compilazione di magenta.

Ho installato tool che usa magenta con il seguente comando:

pip install -qU pyfluidsynth pretty\_midi

Dopo diverse prove con diversi compilatori python ho capito che magenta necessita di python 3.8 con tanto di librerie di sviluppo e per installarlo ho usato i seguenti comandi:

sudo add-apt-repository ppa:deadsnakes/ppa

sudo apt update

sudo apt install python3.8

sudo update-alternatives --install /usr/bin/python3 python3 /usr/bin/python3.8 1

sudo update-alternatives --config python3

sudo apt install python3.8-distutils

wget https://bootstrap.pypa.io/get-pip.py

python get-pip.py

sudo apt install python3.8-dev

pip install numpy==1.21.6

sudo apt install build-essential python3-dev libffi-dev libssl-dev

sudo apt-get install build-essential libasound2-dev libjack-dev portaudio19-dev

Ho installato strumenti di compilazione python con il seguente comando:

pip install --upgrade pip setuptools wheel

Ho installato le corrette versioni delle dipendenze di magenta:

pip install "setuptools<65"

pip install "numpy<1.23"

pip install "llvmlite<0.39" "numba<0.55"

E infine ho lanciato il seguente comando:

pip install magenta

**Hello\_world.py**

Ho generato un file midi randomico e ho installato l’applicazione immidi per sentire il risultato. Magenta l’ho usato solo per esportare il file midi per testare che magenta funzionasse. Le note le ho generate randomicamente senza ausilio di intelligenza artificiale.

**Modello.py**

Ho continuato una melodia musicale con l’intelligenza artificiale a partire da un modello scaricato da internet a questo indirizzo:

http://download.magenta.tensorflow.org

Anche provando con diversi modelli il risultato cambia di poco.

Un progetto magenta chiamato **MusicVAE** è utile allo scopo in quanto genera intere composizioni musicali usando magenta.

**MusicVAE** è un modello di **variational autoencoder (VAE)** applicato alla musica. Un VAE è un tipo di rete neurale che apprende una rappresentazione compressa di un input complesso, come ad esempio una sequenza musicale, e può quindi generare nuovi esempi simili partendo da questa rappresentazione. Questo rende i VAEs particolarmente adatti alla generazione di dati creativi, come la musica.

Il link a vari modelli preaddestrati si trova a questo link:

https://github.com/magenta/magenta/tree/main/magenta/models/music\_vae

Per usare questi modelli è necessario lanciare questo comando:

music\_vae\_generate \

--config=hierdec-trio\_16bar \

--checkpoint\_file=/home/pasquale/Scrivania/tesi/prove\_magenta/magenta/models/music\_vae/trio/checkpoints/hierdec-trio\_16bar.tar \

--mode=sample \

--num\_outputs=5 \

--output\_dir=/home/pasquale/Scrivania/tesi/prove\_magenta/magenta/models/music\_vae/trio/checkpoints/generated

Questo comando genera 5 canzoni con 3 strumenti musicali: il basso, il piano e la batteria.

### Musegan

Musegan e Magenta sono entrambi progetti avanzati nel campo della **generazione musicale automatica**, ma presentano differenze chiave nel loro approccio e nelle loro capacità. Il sito di musegan è <https://hermandong.com/musegan/>.

Mentre **Magenta** è più orientato alla ricerca e offre maggiore flessibilità nella manipolazione delle melodie, **Musegan** si distingue per la sua capacità di generare musica **multitraccia** in modo autonomo, creando composizioni musicali complete con diversi strumenti. Se l'obiettivo è generare **accompagnamenti musicali completi** o brani con **più strumenti** in un singolo passo, Musegan potrebbe essere la scelta migliore. Se invece si cerca una piattaforma più **versatile** e **focalizzata sulla composizione di melodie** e arrangiamenti in vari generi, **Magenta** potrebbe essere più adatto. Supponendo di creare prima la musica Musegan potrebbe essere l’approccio più semplice, ma per lasciarsi aperte le porte alle sperimentazioni e ad eventuali approcci alternativi userò magenta.

### Voce cantata

<https://github.com/NVIDIA/tacotron2> (gpu)

TODO

# Composizione della musica e come usare AI per comporla

## ****Musica prima, testo poi**** (Approccio tradizionale e più semplice da automatizzare)

L'approccio in cui la **musica precede il testo** è il più tradizionale e diffuso, particolarmente nei generi musicali come **pop**, **rock**, **jazz** e in parte nella **musica classica**. In questo caso, il compositore si concentra inizialmente sulla creazione della parte musicale, che include la melodia, l'armonia e la ritmica, e successivamente scrive il testo per adattarsi alla musica stessa. Questo approccio è particolarmente vantaggioso quando la **musica è il focus centrale** del brano, come nel caso di molte canzoni pop, dove la melodia è spesso l'elemento principale. Il testo, in questo caso, viene progettato per rispecchiare il tono emotivo e ritmico della musica.

### ****Aspetti creativi****

Dal punto di vista creativo, la **musica prima** offre una maggiore libertà nella composizione melodica e armonica. Una volta che la musica è stata scritta, il compositore può **adattare** il testo in base alla melodia e al ritmo, cercando di enfatizzare determinati temi o emozioni che la musica stessa evoca. La metrica della melodia (il numero di battute per frase musicale) guida la struttura del testo, che viene “modellato” per adattarsi alla musica già esistente. Questo processo può essere particolarmente utile quando il brano ha una **melodia forte e memorabile**, e il testo deve adattarsi a una struttura musicale già definita.

### ****Aspetti informatici****

Dal punto di vista informatico, l'approccio di "musica prima, testo poi" si presta particolarmente bene all'automazione, poiché le problematiche principali si concentrano sulla generazione musicale. La generazione automatica di musica, tramite modelli di machine learning come **MusicVAE** (Magenta), è relativamente semplice, poiché il modello può concentrarsi esclusivamente sulla **creazione di sequenze melodiche, armoniche e ritmiche**, senza dover considerare variabili complesse legate all'adattamento di un testo.

Un modello di **intelligenza artificiale** in questo caso deve:

* **Definire una tonalità** per la musica, che diventa il punto di partenza per la creazione delle sequenze melodiche.
* **Generare una melodia** che segua una struttura armonica predefinita o che si adatti a uno stile musicale specifico.
* **Adattare la ritmica** della musica in modo che il testo successivamente scritto possa essere facilmente adattato alla struttura ritmica e melodica della musica generata.

Un esempio di applicazione di questo approccio potrebbe essere l'uso di **vocoder** per la parte vocale, che può essere facilmente adattato alla musica generata in quanto non richiede una sincronizzazione complessa tra **voce e struttura musicale**. In altre parole, il vocoder può essere usato per modificare la voce affinché si adatti alla musica generata, ma non c'è necessità di adattare la musica stessa alla voce.

## ****Testo prima, musica poi**** (Maggiore complessità nell'automazione)

In questo approccio, il **testo viene scritto prima della musica**, e la musica viene successivamente creata per accompagnare le parole. Questo approccio è più comune in **musicali**, **opera lirica** e in alcune canzoni pop, dove il messaggio o la narrazione del testo è considerato fondamentale. Il compositore, dopo aver scritto le parole, si dedica alla composizione musicale che meglio si adatta al testo, al suo significato e alla sua metrica.

### ****Aspetti creativi****

Dal punto di vista creativo, il testo svolge un ruolo centrale, poiché il compositore si preoccupa prima di trasmettere un messaggio o una narrazione attraverso le parole. Una volta completato il testo, il passo successivo è creare una musica che rispecchi il **tono emotivo**, **il ritmo** e la **struttura metrica** del testo. Questo processo implica che la musica debba essere adattata alle specifiche esigenze del testo, come ad esempio:

* La scelta del **genere musicale** che meglio si adatti al contenuto emotivo e tematico del testo (ad esempio, una canzone triste può richiedere una tonalità minore e un ritmo lento).
* La definizione della **ritmica** per il testo, che può essere variabile a seconda della velocità e della cadenza delle parole.
* L'adattamento della **tonalità** della musica per garantire che la voce cantata possa essere eseguita comodamente.

### ****Aspetti informatici****

Dal punto di vista informatico, generare **musica che si adatti a un testo scritto** presenta una serie di sfide significative. In particolare, il processo di adattamento musicale al testo richiede l'analisi e l'integrazione di vari fattori che non sono immediatamente risolvibili tramite modelli automatici:

* **Scelta del genere musicale**: Il modello dovrebbe essere in grado di **comprendere** il contenuto del testo (ad esempio, temi come la tristezza, la gioia, la speranza) e generare un accompagnamento musicale che rispecchi l'emozione evocata dalle parole. Ciò richiede una certa comprensione semantica del testo da parte del modello.
* **Adattamento ritmico**: Il modello deve essere in grado di **sincronizzare** la musica con la metrica del testo, tenendo conto del numero di sillabe, degli accenti e della struttura prosodica del linguaggio. La musica deve essere in grado di seguire o enfatizzare il ritmo delle parole, un compito che diventa complesso quando il testo presenta variazioni ritmiche.
* **Tonalità e intonazione**: La tonalità della musica deve essere scelta in modo da non solo rispecchiare l'emozione del testo, ma anche consentire che la **voce cantata** si esprima senza difficoltà. Inoltre, il modello dovrebbe garantire che la **tonalità della musica** sia compatibile con la vocalità umana, considerando intervalli melodici che siano adeguati a una performance vocale naturale.

Un altro problema significativo è che, nel caso in cui il testo contenga una **storia complessa**, la musica deve essere in grado di **evolversi** nel corso del brano per riflettere i cambiamenti emotivi o narrativi del testo. Ciò implica la creazione di una **musica dinamica**, che possa rispondere ai cambiamenti tematici nel testo.

## ****Scrittura parallela**** (Approccio complesso)

La **scrittura parallela** è un approccio in cui **musica e testo vengono scritti simultaneamente**, influenzandosi a vicenda durante il processo creativo. Questo approccio è il più complesso dal punto di vista informatico, poiché richiede un'interazione continua tra la generazione della musica e quella del testo. In pratica, il compositore scrive la musica e il testo insieme, cercando di ottenere una sinergia perfetta tra i due elementi.

### ****Aspetti creativi****

Nel processo di scrittura parallela, **musica e testo si influenzano reciprocamente**. La struttura musicale può suggerire determinate scelte stilistiche e tematiche per il testo, mentre il testo può determinare variazioni nella musica. Questo approccio è tipico in **composizioni complesse** come **musicali** o **opera lirica**, dove la narrazione musicale e testuale è fondamentale. Durante la scrittura parallela, il compositore può decidere di **modificare il testo** in base alle evoluzioni della musica, o viceversa, facendo in modo che il risultato finale sia una composizione ben bilanciata.

### ****Aspetti informatici****

Dal punto di vista informatico, **automazionare** la scrittura parallela è particolarmente difficile, poiché impone la necessità di **iterazioni continue** tra la generazione del testo e quella della musica. Il modello dovrebbe essere in grado di **adattare sia la musica che il testo** in tempo reale, mentre ciascuno dei due elementi influenza l'altro. Ciò implica che un sistema informatico dovrebbe essere in grado di:

* Analizzare la **struttura narrativa** e le **emozioni** del testo, mentre genera una musica che rispecchi questi aspetti.
* Adattare il **ritmo della musica** in base al testo e viceversa, per garantire una coerenza metrica ed emotiva.
* **Modificare il testo** in base agli sviluppi musicali, o modificare la musica in base al testo, creando una composizione coerente.

## Priorità della Musica nella Composizione Automatizzata

Nel contesto della mia applicazione, anche se il **testo** è il principale elemento espressivo della composizione, risulta più vantaggioso adottare l'approccio in cui la **musica viene generata prima del testo**. Sebbene in alcuni generi musicali il testo costituisca il nucleo centrale dell'opera, la generazione automatica della musica si presta a essere affrontata con maggiore efficacia e meno complessità computazionale se precede la scrittura del testo.

Dal punto di vista informatico, la **generazione automatica della musica** è più facilmente realizzabile in prima istanza, poiché si concentra su aspetti come la **melodia**, l'**armonia** e il **ritmo** senza dover tenere conto di variabili complesse legate all’adattamento del testo. Questo approccio consente di creare una base musicale che funzioni come struttura portante del brano, sulla quale il testo potrà successivamente essere inserito, adattato e modellato.

Inoltre, la musica generata può essere facilmente armonizzata con il testo attraverso tecniche come l'uso di un **vocoder** o altre metodologie di **sincronizzazione vocale**, che permettono di adattare la voce al ritmo e alla tonalità musicali. Pertanto, la scelta di generare prima la musica consente di semplificare il processo creativo e computazionale, facilitando l'integrazione del testo senza dover risolvere la complessità dell’adattamento reciproco tra musica e parole in un unico passo.

# **Requisiti**

## Requisiti Funzionali

1. **Interfaccia Utente Accessibile**
   * Design semplice e intuitivo.
   * Opzioni di personalizzazione dei colori e dei caratteri.
2. **Registrazione Utente**
   * Form di registrazione per raccogliere informazioni su età, interessi e problematiche.
3. **Generazione di Brani Musicali**
   * Brani generati in modo predefinito tramite un backoffice.
   * Possibilità di scaricare brani già creati dagli utenti.
4. **Riconoscimento Facciale**
   * Monitoraggio delle reazioni emotive dell'utente tramite la telecamera.
   * Interventi in tempo reale basati su segnali di frustrazione.
5. **Fasi di Apprendimento**
   * Prima fase: presentazione di parole/frasi con supporti visivi e sonori.
   * Seconda fase: integrazione delle parole in canzoni scaricate dal backoffice.
6. **Feedback e Correzione**
   * Feedback immediato sulla pronuncia durante la fase di apprendimento.
   * Suggerimenti per migliorare e motivare durante il canto.
7. **Messaggi Motivazionali**
   * Integrazione di messaggi incoraggianti in caso di difficoltà.
8. **Modalità di Gioco**
   * Attività ludica per rinforzare l’apprendimento attraverso il canto.

## Requisiti Non Funzionali

1. **Accessibilità**
   * Compatibilità con strumenti assistivi (screen reader, ecc.).
   * Supporto per diverse lingue e dialetti.
2. **Prestazioni**
   * Risposta rapida dell'interfaccia e dei sistemi di riconoscimento emotivo.
   * Minimizzazione dei tempi di attesa per il download delle canzoni.
3. **Sicurezza**
   * Protezione dei dati personali raccolti durante la registrazione.
   * Opzioni di privacy per l'uso della telecamera.
4. **Scalabilità**
   * Capacità di gestire un numero crescente di utenti e contenuti musicali.
5. **Usabilità**
   * Test di usabilità con utenti finali per garantire che l'app sia facilmente navigabile.
   * Documentazione chiara per utenti e genitori.

## Requisiti Tecnici

1. **Piattaforma**
   * Compatibilità con dispositivi Android.
2. **Tecnologie di Intelligenza Artificiale**
   * Algoritmi per generazione musicale da utilizzare nel backoffice.
3. **Riconoscimento Facciale**
   * Integrazione di librerie di riconoscimento facciale per l'analisi delle emozioni.
4. **Database**
   * Archiviazione sicura dei dati utente e dei brani musicali generati.
5. **Sistema di Backoffice**
   * Interfaccia per la creazione e gestione delle canzoni.
   * Funzionalità per caricare brani generati nel sistema e renderli disponibili per il download.

# **Analisi**

****

Il presente diagramma illustra i vari casi d'uso associati al progetto finale. Considero particolarmente significativi i primi quattro casi d'uso dell'utente, in quanto rappresentano le funzionalità minime necessarie per l'utilizzo del progetto. È fondamentale selezionare tecnologie adeguate fin dall'inizio, al fine di garantire la possibilità di estendere il progetto in futuro senza la necessità di ricominciare da capo.

Il download delle attività didattiche potrebbe essere visto anche solo come un abilitazione all’uso delle attività didattiche per l’utente loggato.

Un attività didattica comprende:

* testo del brano musicale
* parole chiave del testo
* streaming cantato del brano
* streaming non cantato del brano
* timeline delle parole chiave
* associazione tra parole chiave e immagini del brano musicale
* timeline del testo

Un possibile caso d’uso non espresso può essere un sistema di pagamento al download dell’attività didattica. Per questo caso d’uso utilizzerei paypal in quanto di facile integrazione e riconosciuto da qualunque utente. Inoltre se questa idea di progetto dovesse mai portare ad aprire un’associazione no profit ci sarebbero ulteriori sconti sulle tariffe applicate ai pagamenti.

# **Design**

Per quanto concerne il design, ho condotto una ricerca online al fine di individuare uno strumento adeguato ai miei obiettivi. Dopo un'attenta valutazione, ritengo di aver trovato la soluzione idonea in Webflow. Intendo approfondire la mia conoscenza di questa piattaforma attraverso la sua accademy, per verificare se essa disponga delle funzionalità necessarie a rappresentare visivamente le mie idee.

Webflow si presenta come uno strumento relativamente sofisticato per le mie esigenze, ma la sua limitazione principale risiede nelle modalità di esportazione dei contenuti: esse sono infatti ridotte a screenshot dello schermo o all'acquisto di un abbonamento che consenta l'esportazione del codice. Pertanto, intendo esplorare un'alternativa considerata più user-friendly, denominata Canva.

**Il font scelto è Arial in quanto il f**ont sans-serif è semplice e chiaro e quindi molto leggibile. Le dimensioni dei titoli sono di 26pt e del testo normale 18 pt.

## Schermate

#### 1. ****Home Page****

* **Sfondo**: Colore chiaro (azzurro o verde pastello).
* **Logo**: Al centro in alto, grande e colorato.
* **Titolo**: “Karaoke Inclusivo” sotto il logo, font grande e leggibile.
* **Menu di Navigazione**: Pulsanti per:
  + Karaoke/Apprendimento
  + Scarica Unità Didattiche
  + Supporto
  + Login/registrazione/profilo utente



#### 2. ****Schermata di Karaoke e Esecuzione Canzoni/Apprendimento****

* **Sfondo**: Colore vivace (giallo o arancione).
* **Titolo**: “Inizia a Cantare” in alto.
* **Visualizzazione del Testo**: Grande, con colori alternativi per le parole.
* **Controlli Musicali**:
  + **Pulsanti**: Play, Pausa, Rallenta, Messaggi Motivazionali.
* **Selezione Canzone**: Un menu a discesa per scegliere i brani disponibili.



#### 3. ****Schermata di Scaricamento Unità Didattiche****

**Ricerca e download delle unità didattiche in base anche alle preferenze dell’utente**

* **Sfondo**: Colore chiaro (azzurro o verde pastello).
* **Titolo**: “Scarica Unità Didattiche” in alto.
* **Barra di Ricerca**: Area per cercare unità didattiche specifiche.
* **Elenco di Unità Didattiche**:
  + Visualizzazione in forma di schede, con titoli e descrizioni brevi.
  + Pulsanti di “Scarica” accanto a ciascuna unità.

#### 4. ****Profilo Utente****

* **Sfondo**: Colore chiaro (azzurro o verde pastello).
* **Titolo**: “Il Tuo Profilo” in alto.
* **Informazioni Utente**: Visualizza età, interessi e preferenze.
* **Pulsante di Modifica**: Grande e accessibile.
* **Salvataggio**: Pulsante “Salva Modifiche” in fondo.

#### 5. ****Sezione Supporto****

* **Sfondo**: Colore chiaro (azzurro o verde pastello).
* **Titolo**: “Hai Bisogno di Aiuto?” in alto.
* **FAQ e Contatti**:
  + Domande frequenti elencate con caselle cliccabili.
  + Informazioni di contatto.
* **Pulsante di Contatto**: “Contattaci” ben visibile.

#### 6. Sezione di Login/registrazione standard

Una volta loggato l’utente avrà a disposizione la possibilità di scaricare nuove unità didattiche.

Layout Generale

**Sfondo**: Colore chiaro (azzurro o verde pastello) per un’atmosfera accogliente.

# **Architettura e attività proposte**

Django con 2 app 1 per gli utenti di backoffice e una per gestire le chiamate del front-end. Per iniziare farei solo quella di fe. Autenticazione attraverso token di django rest ma in un secondo momento.

Front-end sviluppato con React, libreria di componenti chakra-ui e **react-a11y per rendere l’html accessibile.**

**Studio del framework magenta, tensor-flow e altri strumenti utili per la generazione della componente musicale.**

**Per una POC mi concentrerei principalmente sulle prime 2 schermate e continuerei a fare ricerca sulla creazione di canzoni. Questo è il link del trello che mi sono immaginato al momento:**



1. Il link al trello è questo: https://trello.com/b/OJ2TIOTh/tesi

# **Implementazione**

# **Valutazione**

# **Futuri sviluppi**

# Appendice: intelligenza artificiale

**L'IA si può definire come l'insieme di tecnologie che permettono alle macchine di simulare comportamenti intelligenti, come il riconoscimento vocale, la visione artificiale, la comprensione del linguaggio naturale, la presa di decisioni autonome e l'apprendimento da esperienze passate.**

**L'intelligenza artificiale (IA) è un campo ampio e multidisciplinare che include, tra le sue principali aree di studio e applicazione, il** machine learning**, la** robotica **e la** computer vision**. Questi sotto-campi si interconnettono e contribuiscono a definire la complessità dell'intelligenza artificiale, ciascuno focalizzandosi su aspetti specifici ma complementari dell'automazione e dell'apprendimento. Un possibile schema che rappresenta questa interrelazione potrebbe essere strutturato come segue:**



**Il Machine Learning (ML) è un sottoinsieme dell'intelligenza artificiale che si concentra sulla creazione di algoritmi e modelli che permettano ai computer di apprendere dai dati e di migliorare automaticamente le loro performance nel tempo senza essere esplicitamente programmati per ogni singolo compito. In altre parole, il machine learning consente ai sistemi di "imparare" dai dati storici, identificando pattern e relazioni, e di fare previsioni o prendere decisioni basate su nuove informazioni.**

Il ML si divide in tre principali categorie:

1. **Apprendimento supervisionato**: L'algoritmo è addestrato su un set di dati etichettati, in cui ogni input è associato a una risposta corretta. L'obiettivo è che il modello impari a prevedere o classificare correttamente nuovi dati in base ai pattern appresi.
2. **Apprendimento non supervisionato**: L'algoritmo cerca di identificare strutture o gruppi nei dati senza l'ausilio di etichette. Viene utilizzato, ad esempio, per il clustering o la riduzione dimensionale.
3. **Apprendimento per rinforzo**: L'algoritmo apprende mediante prove ed errori, ricevendo ricompense o penalità per le azioni intraprese, con l'obiettivo di ottimizzare un comportamento o una strategia nel tempo.

**Il Deep Learning è una branca avanzata del machine learning che si concentra sull'uso di reti neurali artificiali profonde (deep neural networks) per risolvere problemi complessi. Queste reti neurali sono composte da numerosi strati (layers) di neuroni artificiali, ciascuno dei quali elabora una rappresentazione sempre più astratta dei dati in ingresso. Il deep learning è particolarmente potente per compiti che coinvolgono grandi quantità di dati non strutturati, come le immagini, il linguaggio naturale e il suono.**

Mentre il **machine learning** si concentra su approcci più tradizionali, che includono una varietà di tecniche per l'analisi dei dati e la previsione, il **deep learning** rappresenta una direzione più avanzata, che sfrutta le reti neurali profonde per risolvere problemi particolarmente complessi. Il deep learning ha il vantaggio di poter gestire e apprendere direttamente da enormi volumi di dati non strutturati, come immagini e testi, senza la necessità di un intervento manuale per la selezione delle caratteristiche. Tuttavia, il deep learning richiede risorse computazionali più significative e può risultare meno interpretabile rispetto ad altre tecniche di machine learning.

Le reti neurali artificiali sono generalmente costituite da tre tipi di strati:

1. **Strato di input (Input layer)**
2. **Strati nascosti (Hidden layers)**
3. **Strato di output (Output layer)**

**Ogni neurone nella rete riceve un input, che è il risultato delle informazioni che arrivano dai neuroni degli strati precedenti. Questo input viene pesato (ogni connessione ha un peso associato) e trasformato tramite una funzione di attivazione che determina se il neurone deve attivarsi e trasmettere l'informazione al neurone successivo.**

1. **Pesi (Weights)**: Ogni connessione tra neuroni ha un peso, che indica l'importanza di quella connessione. Durante il processo di addestramento, i pesi vengono aggiornati per migliorare la performance della rete.
2. **Bias**: Ogni neurone può anche avere un valore di bias, che serve a spostare la funzione di attivazione in modo da migliorare la capacità del modello di adattarsi ai dati.
3. **Funzione di attivazione**: La funzione di attivazione determina la risposta del neurone all'input ricevuto. Alcune funzioni comuni sono:
   * **Sigmoid**: Restituisce un valore compreso tra 0 e 1, utile per problemi di classificazione binaria.
   * **ReLU (Rectified Linear Unit)**: Restituisce 0 se l'input è negativo e l'input stesso se è positivo. È molto utilizzata nelle reti neurali profonde.
   * **Tanh**: Funzione iperbolica che restituisce valori tra -1 e 1

Sintentizzando con un immagine una rete minima avrebbe questo schema dove x è l’input che per un immagine può essere il singolo pixel e per una canzone può essere la singola nota del singolo strumento. W sono i pesi da moltiplicare all’input. N è la rete neurale che potrebbe fare semplicemente anche solo una somma delle varie variabili pesate con il bias. A questa somma si potrebbe applicare una qualsiasi funzione di attivazione per avere un risultato di output in base anche al fatto che ci sia 1 solo output o meno. Il risultato della rete neurale è y.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **INPUT** | **OUTPUT** | **Esempi di reti** |
| 1 | 1 | Classificazione di immagini (rete tradizionale) |
| 1 | N | Generazioni di N possibili canzoni |
| N | 1 | Classificazioni di sentimenti |
| N | N | Traduzione di test |



Il **bias** è un termine aggiuntivo che consente al modello di adattarsi meglio ai dati, migliorando la capacità di apprendere e generalizzare. Matematicamente, il bias può essere visto come un ulteriore parametro che viene aggiunto all'input di una rete neurale. Questo termine permette di spostare la funzione di attivazione, alzando o abbassando la "retta" di decisione, consentendo alla rete di adattarsi meglio a situazioni in cui i dati non passano attraverso l'origine (ovvero, il punto x=0, y=0).

Per comprendere meglio, possiamo considerare una rete neurale come una funzione che mappa gli input x a un output y. In una rete senza bias, questa funzione potrebbe essere semplicemente una retta (nel caso di una rete a singolo strato) della forma:

y=ax

dove a è il peso (o coefficiente). Tuttavia, l'introduzione di un termine di bias b consente alla funzione di essere spostata lungo l'asse delle ordinate, modificando l'equazione in:

y=ax+b

In questo modo, il bias b agisce come un **intercetta**, ovvero come un parametro che **sposta la retta** in alto o in basso, permettendo alla rete di adattarsi meglio ai dati anche quando l'origine non è rappresentativa della distribuzione degli input.

Nella pratica delle reti neurali, il bias viene trattato come un **ulteriore peso** associato a un "input costante" pari a 1. La rete impara i pesi associati sia agli input reali sia al bias durante la fase di addestramento. Di fatto, il bias funziona come una costante che, insieme ai pesi, influenza il risultato dell'output della rete, migliorando la capacità di apprendimento della rete stessa.

## Addestramento attraverso backpropagation

Il principio fondamentale della retropropagazione (backpropagation) consiste nel calcolare i gradienti della funzione di perdita rispetto ai pesi e ai bias della rete neurale. Questo processo avviene attraverso la differenziazione della funzione di perdita per ciascun parametro del modello. La retropropagazione si svolge in due fasi principali:

1. **Passaggio in avanti (Forward Pass)**: Durante questa fase, gli input vengono passati attraverso i vari layer della rete, dove vengono elaborati per calcolare gli output a ogni nodo. Alla fine del passaggio, si ottiene un risultato che viene confrontato con il valore target, utilizzando una funzione di perdita per misurare l'errore della previsione.
2. **Passaggio all'indietro (Backward Pass)**: Una volta calcolato l'errore (ossia la differenza tra l'output predetto e quello desiderato), il gradiente di questo errore viene propagato all'indietro attraverso i layer. In questa fase si calcolano i gradienti della funzione di perdita rispetto ai pesi e ai bias, utilizzando il teorema della catena. Questi gradienti indicano come ciascun parametro ha contribuito all'errore complessivo. Successivamente, i gradienti vengono usati per aggiornare i pesi e i bias tramite un algoritmo di ottimizzazione, come il gradiente discendente.

Lo scopo di questo processo è minimizzare la funzione di perdita, trovando i pesi e i bias ottimali che permettano al modello di fare previsioni più accurate. Per farlo, si definisce una **funzione di costo** (o loss function), che rappresenta la quantità di errore che il modello commette durante la previsione. Il **gradiente discendente** è un metodo numerico usato per trovare il minimo di questa funzione, cercando di ridurre progressivamente l'errore del modello.

Il comportamento del gradiente discendente dipende da un parametro chiave: la **learning rate** (tasso di apprendimento). Se il valore del tasso di apprendimento è troppo alto, il modello rischia di saltare oltre il minimo della funzione di perdita, senza mai convergere correttamente. Se invece è troppo basso, l'ottimizzazione diventa estremamente lenta, richiedendo molte iterazioni per trovare una soluzione adeguata. La scelta di un learning rate ottimale è cruciale per l'efficienza del training.

Il training di una rete neurale avviene in **epoche**, che rappresentano i cicli completi di addestramento. In ogni epoca, i pesi e i bias vengono aggiornati progressivamente, affinando il modello per migliorare le previsioni. Il numero di epoche è un **iperparametro** che deve essere scelto attentamente per evitare il **overfitting** (quando il modello si adatta troppo ai dati di addestramento, perdendo la capacità di generalizzare su nuovi dati) o l'**underfitting** (quando il modello è troppo semplice e non riesce a catturare correttamente la relazione nei dati).

Il bilanciamento tra underfitting e overfitting è essenziale per ottenere un modello che abbia una buona capacità di generalizzazione, ossia che sia in grado di fare previsioni accurate anche su dati mai visti prima.

Durante la progettazione e l'addestramento di una rete neurale, è importante tenere conto di diversi fattori pratici:

* **Latenza del training**: Il tempo che la rete impiega per addestrarsi su un dato set di dati.
* **Accuratezza del risultato**: La capacità del modello di fare previsioni corrette.
* **Potenza di calcolo e consumo energetico**: La necessità di risorse computazionali per addestrare il modello, che è spesso direttamente proporzionale all'accuratezza e alla complessità del modello stesso.

Questi fattori sono interconnessi: ad esempio, modelli più complessi richiedono più potenza di calcolo e maggiore tempo di addestramento, ma tendono anche a ottenere prestazioni migliori. L'obiettivo è trovare un equilibrio ottimale che consenta di ottenere una rete ben addestrata, ma al tempo stesso efficiente in termini di risorse.

## Tensorflow vs Pytorch

In fase di sviluppo delle reti neurali, si è scelto di utilizzare **TensorFlow** anziché **PyTorch** per diverse ragioni legate alle specifiche esigenze del progetto e alla maturità delle due librerie nel contesto applicativo. TensorFlow è ampiamente utilizzato nell'industria e offre una solida infrastruttura per la **scalabilità** e l'**ottimizzazione** delle prestazioni, risultando particolarmente adatto per applicazioni in produzione che richiedono un elevato grado di efficienza e stabilità. Inoltre, la sua integrazione con strumenti di supporto come **TensorFlow Serving** per la gestione dei modelli in produzione e **TensorFlow Lite** per dispositivi mobili lo rende una scelta privilegiata per implementazioni su larga scala.

D'altro canto, **PyTorch**, pur essendo una libreria estremamente potente e flessibile, è più orientata alla ricerca scientifica, dove la **dinamicità** del suo grafico computazionale e la facilità nell'eseguire debug e sperimentazioni rapide lo rendono particolarmente utile. Tuttavia, per un ambiente industriale che richiede robustezza, performance ottimizzate e supporto per il deployment su larga scala, TensorFlow rappresenta una soluzione più consolidata e adatta alle necessità del progetto.

Queste considerazioni hanno portato alla scelta di **TensorFlow** come framework di sviluppo principale, dato il suo utilizzo diffuso nel settore e la sua capacità di supportare efficacemente il ciclo completo di sviluppo, training e deployment delle reti neurali.

## ****Tipologie di Apprendimento delle Reti Neurali****

Il processo di addestramento di una rete neurale è finalizzato a determinare i **pesi** e i **bias** che minimizzano l'errore del modello rispetto ai dati di addestramento. In base al tipo di feedback disponibile durante il processo di addestramento, esistono diverse modalità di apprendimento delle reti neurali. Le principali tipologie di **allenamento** sono:

#### 1. ****Apprendimento Supervisionato (Supervised Learning)****

Nell'**apprendimento supervisionato**, la rete neurale viene addestrata su un dataset che contiene sia gli **input** che gli **output** desiderati. Ogni esempio nel dataset è costituito da una coppia (xi​,yi​), dove xi​ è un vettore di input e yi​ è il corrispondente output target. Il compito dell'algoritmo di apprendimento è quello di **minimizzare l'errore** tra le previsioni del modello e gli output desiderati.

#### 2. ****Apprendimento Non Supervisionato (Unsupervised Learning)****

L'**apprendimento non supervisionato** è una modalità in cui la rete neurale non riceve etichette di output. In altre parole, l'algoritmo deve scoprire **pattern nascosti** o **strutture** nei dati senza un obiettivo esplicito predefinito. Gli algoritmi di apprendimento non supervisionato cercano di organizzare i dati in modo significativo, per esempio, raggruppandoli in **cluster** o riducendo la dimensionalità.

Alcuni approcci tipici includono:

* **Clustering** (ad esempio, il **K-means clustering**),
* **Riduzione della dimensionalità** (ad esempio, **Principal Component Analysis** o **autoencoder**).

L'apprendimento non supervisionato è utile quando non è disponibile un dataset etichettato o quando si vuole esplorare e scoprire strutture intrinseche nei dati.

#### 3. ****Apprendimento per Rinforzo (Reinforcement Learning)****

L'**apprendimento per rinforzo** (RL) è un paradigma in cui un **agente** interagisce con un ambiente e **impara** a prendere decisioni ottimali per massimizzare una **ricompensa cumulativa** nel lungo termine. In RL, l'agente non ha accesso a etichette fisse come nel caso dell'apprendimento supervisionato, ma riceve un segnale di ricompensa o punizione dopo ogni azione compiuta.



La rete è composta da 2 componenti: il discriminator ed il generator. Il generator è addestrato con esempi veri e serve a decidere se il generatore sta generando dati compatibili. Quindi definito il problema sul discriminator e creata la rete del generator si eseguono i seguenti passi di massima:

1. training del modello del discriminator sui dati reali
2. genero fake input sul generator
3. insegno al discriminatore a riconoscere i fake input
4. insegno al generatore a generare input accettati dal discriminatore

Tra i principali vantaggi di tale approccio si annoverano:

* la capacità di generare risultati di elevata qualità;
* l'assenza della necessità di un'associazione esplicita tra input e output, il che ne consente la classificazione come un metodo di apprendimento non supervisionato (unsupervised learning);
* la versatilità dell'output prodotto.

Tra gli svantaggi principali associati alle Generative Adversarial Networks (GAN) si rilevano:

* **Instabilità durante il processo di training**: la natura competitiva tra il generatore e il discriminatore può portare a difficoltà nel raggiungere una convergenza stabile, con il rischio di oscillazioni nel comportamento del modello;
* **Alto costo computazionale**: il processo di addestramento delle GAN richiede significative risorse computazionali, in particolare per modelli di grande complessità e per set di dati di ampie dimensioni;
* **Probabilità di overfitting**: in presenza di dati limitati o di modelli non sufficientemente regolarizzati, le GAN sono suscettibili al fenomeno dell'overfitting, con una generazione di output che potrebbe non generalizzare adeguatamente a nuovi dati;
* **Difficoltà nella giustificazione dei risultati**: data la natura non interpretabile delle architetture GAN, risulta complesso fornire spiegazioni chiare e trasparenti riguardo le decisioni prese dal modello, limitando la sua applicabilità in contesti che richiedono spiegabilità.

Per la generazione di contenuti tra i quali la musica ci focalizzeremo su reti per il deep learning in cui l’apprendimento sarà non supervisionato oppure per rinforzo.

### ****Classi di modelli ad apprendimento non supervisionato****

Il primo esempio che faccio sono le reti CNN in quanto sono le prime reti nate con apprendimento non supervisionato.

Le **Convolutional Neural Networks (CNN)** sono una classe di reti neurali artificiali particolarmente efficaci per compiti di riconoscimento e classificazione di immagini, ma anche per altri tipi di dati che presentano una struttura spaziale o temporale (ad esempio, segnali audio o video). Le CNN si ispirano al funzionamento del sistema visivo umano e sono composte da più strati (layer) che apprendono automaticamente caratteristiche gerarchiche dei dati.

Le CNN sono costituite da diversi strati che si specializzano nell'estrazione di caratteristiche a vari livelli di astrazione. I principali tipi di layer (strati) sono:

* **Strato di Convoluzione (Convolutional Layer):** Il cuore della CNN è lo strato di convoluzione, che utilizza filtri (o kernel) per scansionare (convolvere) l'immagine di input e produrre una mappa di attivazione (feature map). Questi filtri sono apprendibili durante il processo di addestramento e consentono alla rete di estrarre caratteristiche come bordi, angoli, forme, texture e, in strati successivi, caratteristiche sempre più complesse.
* **Strato di Pooling (Pooling Layer):** Lo strato di pooling ha la funzione di ridurre la dimensione spaziale (larghezza e altezza) della mappa di attivazione, riducendo così il numero di parametri e la complessità computazionale, oltre a rendere la rete meno sensibile alle variazioni di posizione. I due tipi più comuni di pooling sono il max pooling (prende il valore massimo da una regione) e il average pooling (calcola la media dei valori).

Quindi, mentre lo strato di convoluzione **espande** la complessità dei dati, lo strato di pooling **compatta** e semplifica tali dati, consentendo alla CNN di essere più efficiente nell'analizzare informazioni rilevanti e ridurre il carico computazionale.

In sintesi, **convoluzione = estrazione di caratteristiche** e **pooling = riduzione della complessità**.

Le **Recurrent Neural Network (RNN)** invece sono classi di modelli progettate per gestire dati sequenziali o temporali. Mantengono le informazioni da passaggi precedenti della sequenza grazie alla loro memoria interna.



Al passo **at-1**produrrà un output diverso rispetto al passo **at**

Una sottoclasse di RNN è la classe **Long Short Term Memory (LSTM)** in cui lo step successivo è determinato dal passo in cui si è e dall’input **xt** il quale sceglie la parte importante del passo precedente e trascura la parte meno significativa.

L’ultima classe di modelli che voglio trattare invece è l’autoencoder. Un **autoencoder** è un tipo di rete neurale progettata per apprendere una rappresentazione compatta (o codifica) dei dati in input, al fine di poterli successivamente ricostruire in maniera fedele. L'obiettivo di una rete di questo tipo è acquisire una mappatura di alta qualità in uno spazio a dimensione ridotta, dalla quale è possibile generare dati variegati, mantenendo le caratteristiche principali degli input originali. In sostanza, l'autoencoder è in grado di **apprendere una rappresentazione comprimibile** che permette di **generare nuove istanze di dati** simili a quelle osservate durante l'addestramento.

Dall’immagine sotto si nota una prima parte che codifica le informazioni e una seconda parte che le decodifica. La decodifica non è la copia dell’input, ma l’output della rete generativa.



Il **Variational Autoencoder (VAE)** è una particolare variante degli autoencoder che integra tecniche di inferenza bayesiana per generare nuovi dati. A differenza degli autoencoder tradizionali, il VAE assume che la codifica dei dati avvenga in uno spazio latente probabilistico, dove le variabili latenti non sono deterministiche, ma seguono una distribuzione probabilistica (tipicamente una distribuzione normale multivariata). Durante il processo di addestramento, il VAE cerca di ottimizzare una funzione obiettivo che bilancia due termini: la ricostruzione accurata dei dati e la regolarizzazione della distribuzione delle variabili latenti, affinché questa sia vicino a una distribuzione predefinita (ad esempio, una normale multivariata standard). Questo approccio consente al VAE non solo di comprimere e ricostruire i dati, ma anche di generare nuovi campioni variegati e realistici, aprendone l'uso per compiti di generazione di dati e modellazione probabilistica.

# Bibliografia

1. tfa insegnante di sostegno nella scuola dell’infanzia e primaria, Edizioni Simone
2. Design specific user interfaces for people with down syndrome using suitable WCAG 2.0 guidelines, Lucia Alonso - Virgos1 · Jordán Pascual Espada1 · Luis Rodríguez Baena1 · Rubén González Crespo
3. <https://www.worldscientific.com/doi/abs/10.4015/S1016237218500072>
4. https://www.researchgate.net/profile/Laberiano-Andrade-Arenas/publication/349745106\_Impact\_of\_Mobile\_Applications\_for\_a\_Lima\_University\_in\_Pandemic/links/614b731d3c6cb31069874b3a/Impact-of-Mobile-Applications-for-a-Lima-University-in-Pandemic.pdf
5. https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/2501988.2502055
6. https://www.seashelltrust.org.uk/therapy-and-nursing/
7. https://dsq-sds.org/index.php/dsq/article/view/5968/4703
8. La sindrome di down di Stefano Vicari, 9788815230140
9. https://voices.no/index.php/voices/article/view/3405/3541
10. http://www.smj.org.sg/sites/default/files/4312/4312le1.pdf
11. https://www.youtube.com/watch?v=RKK7wGAYP6k&t=20s
12. [https://www.missouristate.edu/LOGOS/\_Files/logos\_vol4\_full.pdf#page=45](https://www.missouristate.edu/LOGOS/_Files/logos_vol4_full.pdf" \l "page=45)
13. https://www.jneurosci.org/content/jneuro/30/45/14943.full.pdf
14. https://academic.oup.com/ptj/article/87/10/1399/2742283
15. Children with down syndrome and music: A parental description of their experience in music. Daudt, Alyssa, https://researchdiscovery.drexel.edu/view/pdfCoverPage?instCode=01DRXU\_INST&filePid=13321508890004721&download=true
16. <https://www.youtube.com/watch?v=x7pWgrXNsbo&t=172s> svs