



# UNIVERSITÀ DI PARMA

---

DIPARTIMENTO DI SCIENZE MATEMATICHE, FISICHE E INFORMATICHE  
*Corso di Laurea Triennale in Informatica*

## Modellazione di un dialogo per la riabilitazione cognitiva con xAI

*Modeling a dialogue for cognitive rehabilitation with xAI*

CANDIDATO:  
**Aurora Felisari**

RELATORE:  
**Alessandro Dal Palù**

MATRICOLA:  
**320316**



*A chi ha creduto in me*







# Indice

<b>Introduzione</b>	<b>13</b>
<b>1 I Robot Socialmente Assistivi e il Caso di Studio di NAO</b>	<b>15</b>
1.1 Cosa Sono i Socially Assistive Robots (SAR)?	15
1.2 Come Funzionano i SAR?	15
1.3 Chi Può Beneficiare dei SAR?	16
1.4 Vantaggi e Sfide dei SAR	16
1.5 Il Robot NAO: Un Caso di Studio	16
1.6 Storia e Sviluppo di NAO	17
1.7 Tecnologia e Design di NAO	17
1.8 Applicazioni di NAO	18
1.8.1 Educazione	18
1.8.2 Riabilitazione e Terapia	18
1.8.3 Interazione Sociale con Anziani	19
1.9 Sfide e Criticità di NAO	19
1.10 Conclusioni e Futuro dei SAR e di NAO	19
<b>2 Acquisizione Specifiche</b>	<b>21</b>
2.1 Raccolta informazioni	22
2.2 Struttura della sessione 0	22
2.3 Modello di sessione standard	25
2.4 Spiegazione dei compiti scelti	26
<b>3 Modellazione</b>	<b>29</b>
3.1 Variabilità e Difficoltà dei Compiti Cognitivi	29
3.2 Ottimizzazione della Difficoltà	30
3.3 Fase Intro	30
3.4 Task Chooser: il nucleo	31
3.5 Batti un colpo	32
3.6 Introduzione al compito di memoria prospettica, parte 1	34
3.7 Sbagliando si impara	34

3.8	Compito di memoria prospettica, parte 2 . . . . .	35
3.9	Verso la fase finale . . . . .	36
3.10	Riordinando . . . . .	37
3.11	Fine sessione . . . . .	38
3.12	Differenze . . . . .	38
<b>4</b>	<b>Implementazione</b>	<b>41</b>
4.1	Cos'è ASP e Perché è Stato Scelto per Questo Progetto . . . . .	41
4.2	Explainable AI e Importanza della Trasparenza nei Sistemi ad Alto Rischio . . . . .	42
4.2.1	Cos'è l'Explainable AI (XAI)? . . . . .	42
4.2.2	Importanza della Trasparenza secondo l'AI Act . . . . .	42
4.2.3	Benefici e Sfide dell'Implementazione di XAI . . . . .	42
4.3	Descrizione generale main.py . . . . .	43
4.4	Il DFSA . . . . .	43
4.4.1	Descrizione . . . . .	44
4.5	Il file .json . . . . .	45
4.5.1	Descrizione . . . . .	46
4.6	Conversione Compiti . . . . .	47
4.6.1	Descrizione dello script . . . . .	47
	<b>Conclusione e Sviluppi futuri</b>	<b>53</b>
	<b>Ringraziamenti</b>	<b>59</b>



# Elenco delle figure

1.2	Esempio di <i>NAO</i> in un contesto educativo. . . . .	18
3.1	Grafo fase intro . . . . .	31
3.2	Task chooser . . . . .	32
3.3	Batti un colpo . . . . .	33
3.4	Sbagliando si impara . . . . .	34
3.5	Riordinando . . . . .	37



# Elenco degli algoritmi

1	Struttura DFSA precedente . . . . .	43
2	Struttura DFSA attuale . . . . .	44



## Elenco delle tabelle

3.1	Batti un colpo . . . . .	30
3.2	Sbagliando si impara . . . . .	30
3.3	Riordinando . . . . .	30
3.4	Struttura generica delle sessioni . . . . .	39



# Introduzione

Quando pensiamo all'Intelligenza Artificiale, quali immagini emergono nel nostro immaginario? Forse ci vengono in mente automobili autonome, assistenti virtuali o persino robot umanoidi. Ma vi siete mai chiesti se saremmo disposti a affidarci a un robot per la vostra salute?

L'IA e la robotica, una volta concepite come pura fantascienza, stanno ora diventando realtà e integrandosi sempre più nella nostra vita quotidiana.

Questa rapida evoluzione solleva domande importanti: come influenzano queste tecnologie le nostre vite quotidiane e quali sono le loro implicazioni pratiche? Mentre le auto a guida autonoma promettono di rivoluzionare i trasporti e gli assistenti virtuali ci aiutano a gestire le nostre giornate, l'uso dell'IA e della robotica nel settore sanitario potrebbe rappresentare una delle trasformazioni più significative.

Nel contesto medico, l'IA ha il potenziale di migliorare diagnosi e trattamenti con una precisione senza precedenti.

Immaginate un futuro in cui robot avanzati non solo assistono i medici nelle operazioni, ma offrono anche supporto terapeutico e monitoraggio continuo ai pazienti.

L'integrazione di robotica e IA potrebbe rendere più accessibile l'assistenza sanitaria di alta qualità, ridurre gli errori umani e personalizzare i trattamenti in base alle esigenze specifiche di ciascun paziente.

Un esempio tangibile di questa integrazione è rappresentato dai Socially Assistive Robots (SAR), progettati per interagire con le persone e fornire supporto morale e terapeutico.

Questi robot non solo aiutano a combattere la solitudine, ma offrono anche un supporto pratico in contesti terapeutici, contribuendo al miglioramento del benessere psicologico dei pazienti. Con l'ausilio dell'IA, i SAR possono adattare le loro interazioni in base alle risposte e alle esigenze degli utenti, creando un'esperienza personalizzata e reattiva.

Questo progetto di tesi nasce dall'esigenza di ampliare un modello teorico di terapia già esistente, ed adattarlo alla realtà.

In questo lavoro troverete un po' di informazioni generali sullo strumento che ha unito l'informatica alla psicologia, i SAR per l'appunto, ciò che ha reso vivo

il progetto.

Continuando troverete informazioni sull'approccio tenuto per delineare la struttura di una seduta di psicologia, rivolta a paziente con problemi di memoria lieve e infine una descrizione più dettagliata di quello che è il progetto concreto e del risultato ottenuto.

Al termine troverete qualche idea su come si potrà sviluppare ed ampliare il progetto in un futuro, si spera non troppo lontano.



# 1. I Robot Socialmente Assistivi e il Caso di Studio di NAO

I **Socially Assistive Robots (SAR)**, o robot socialmente assistivi, sono una classe di robot progettati non per compiti fisici tradizionali, ma per interagire con le persone e fornire supporto emotivo e sociale. Questi robot si concentrano sul miglioramento del benessere emotivo e sociale degli utenti, piuttosto che sull'esecuzione di compiti pratici come spostare oggetti o pulire. Un esempio rappresentativo di questa tecnologia è *NAO*, un robot umanoide sviluppato da SoftBank Robotics. Questo capitolo esplorerà il concetto di SAR, il funzionamento generale di questi robot, e approfondirà il caso specifico di *NAO*, un esempio emblematico di robot sociale.

## 1.1 Cosa Sono i Socially Assistive Robots (SAR)?

I Socially Assistive Robots (SAR) sono progettati per offrire supporto sociale e emotivo. A differenza dei robot tradizionali che svolgono compiti fisici, i SAR si concentrano sull'interazione con le persone per migliorare il loro benessere psicologico e sociale. Questi robot possono aiutare a ridurre la solitudine, stimolare le capacità cognitive e favorire la comunicazione. Sono particolarmente utili per persone che necessitano di compagnia e supporto, come gli anziani che vivono soli o i bambini con difficoltà nello sviluppo [1].

## 1.2 Come Funzionano i SAR?

I SAR sono dotati di sensori avanzati e algoritmi sofisticati che permettono loro di comprendere e rispondere alle emozioni umane. Utilizzano telecamere, microfoni e sensori tattili per percepire l'ambiente e le reazioni degli utenti. Ad esempio, un SAR può riconoscere segni di tristezza o ansia e rispondere con messaggi di conforto o azioni che simulano un abbraccio. L'obiettivo prin-

principale è creare una connessione emotiva e sociale con l'utente, contribuendo a migliorare il suo stato d'animo e le sue capacità sociali [2].

### 1.3 Chi Può Beneficiare dei SAR?

I SAR sono particolarmente benefici per persone che hanno bisogno di supporto sociale costante. Ad esempio, possono essere utili per:

- **Anziani:** Robot come *Paro*, un cucciolo di foca robotico, aiutano le persone affette da demenza a migliorare il loro umore e ridurre l'ansia [2].
- **Bambini con Disturbi dello Spettro Autistico:** Robot come *NAO* aiutano questi bambini a sviluppare abilità sociali attraverso interazioni guidate [1].

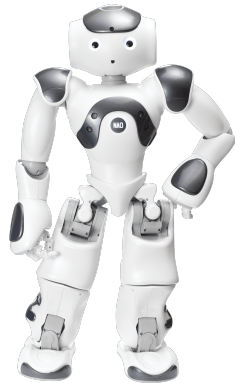
### 1.4 Vantaggi e Sfide dei SAR

I SAR offrono numerosi vantaggi, tra cui la disponibilità continua e la possibilità di adattarsi alle esigenze specifiche degli utenti. Tuttavia, ci sono anche sfide significative:

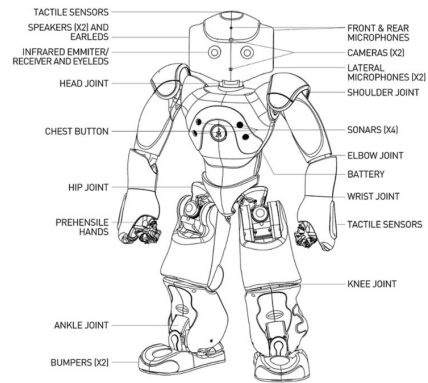
- **Costo:** Il costo di sviluppo e manutenzione dei SAR può essere elevato, limitando l'accesso a queste tecnologie [3].
- **Accettazione Sociale:** Alcuni utenti potrebbero avere difficoltà ad accettare l'interazione con un robot invece che con un essere umano.
- **Questioni Etiche:** L'uso dei SAR solleva questioni etiche riguardo alla sostituzione del contatto umano in situazioni dove la comprensione e l'empatia sono cruciali [3].

### 1.5 Il Robot NAO: Un Caso di Studio

Il robot *NAO*, sviluppato da SoftBank Robotics, è un esempio significativo di SAR. Progettato come un robot umanoide, *NAO* trova applicazione in vari ambiti, tra cui l'educazione e la terapia. Questo robot rappresenta una delle più avanzate realizzazioni nella robotica sociale e assistiva.



(a) *NAO*



(b) Mappa dei sensori installati

## 1.6 Storia e Sviluppo di NAO

Il progetto *NAO* è iniziato nel 2004 presso il Laboratorio di Robotica e Intelligenza Artificiale di Aldebaran Robotics, oggi SoftBank Robotics. La prima versione di *NAO* è stata lanciata nel 2008, e da allora sono state rilasciate varie iterazioni che hanno migliorato le sue capacità tecniche e di interazione sociale. *NAO* è stato progettato per essere un assistente versatile in grado di adattarsi a molteplici contesti e necessità.

## 1.7 Tecnologia e Design di NAO

*NAO* è equipaggiato con una serie di sensori e attuatori che gli permettono di interagire in modo fluido e naturale con gli utenti:

- **Sensori:** Telecamere, microfoni e sensori di pressione che rilevano l'ambiente e le azioni degli utenti.
- **Attuatori:** Motori e servomeccanismi per movimenti realistici delle braccia, delle gambe e della testa.
- **Processori e Algoritmi:** Un'unità centrale di elaborazione e algoritmi avanzati per l'elaborazione del linguaggio naturale, il riconoscimento facciale e la pianificazione dei movimenti.

Questi componenti consentono a *NAO* di svolgere una vasta gamma di attività, dalle semplici interazioni quotidiane a sessioni complesse di apprendimento e riabilitazione.

## 1.8 Applicazioni di NAO

### 1.8.1 Educazione

Nel campo dell'educazione, *NAO* si è dimostrato un valido supporto per i bambini, in particolare quelli con disturbi dello spettro autistico. Il robot è utilizzato per:

- **Giochi Educativi:** Attività interattive che stimolano l'apprendimento attraverso il gioco.
- **Esercizi di Socializzazione:** Attività strutturate per migliorare le competenze comunicative e collaborative dei bambini.



Figura 1.2: Esempio di *NAO* in un contesto educativo.

### 1.8.2 Riabilitazione e Terapia

*NAO* è anche utilizzato nella riabilitazione e terapia per pazienti con disabilità motorie o cognitive. Il robot guida esercizi fisici e cognitivi, rendendo le sessioni di terapia più coinvolgenti e motivanti.

### 1.8.3 Interazione Sociale con Anziani

Inoltre, *NAO* è impiegato per migliorare la qualità della vita degli anziani, combattendo la solitudine attraverso interazioni sociali e attività stimolanti.

## 1.9 Sfide e Criticità di NAO

Nonostante i numerosi successi e l'ampia applicazione di *NAO*, il robot affronta diverse sfide e criticità:

- **Costo:** Il prezzo elevato di *NAO* può limitare l'accesso a queste tecnologie, specialmente per scuole o istituzioni con budget ridotti [3].
- **Accettazione Sociale:** Alcuni utenti possono avere difficoltà ad accettare l'interazione con un robot, preferendo l'interazione umana. Questo può influenzare l'efficacia di *NAO* in situazioni dove la connessione emotiva è particolarmente importante.
- **Limitazioni Tecniche:** Sebbene avanzato, *NAO* presenta ancora limitazioni in termini di autonomia e capacità di interazione rispetto agli esseri umani. Ad esempio, le sue risposte e interazioni possono essere limitate dalla programmazione e dalle capacità sensoriali del robot.
- **Manutenzione e Supporto:** Il mantenimento e l'aggiornamento dei sistemi hardware e software di *NAO* richiedono risorse e competenze specializzate. La gestione di guasti tecnici o aggiornamenti può rappresentare una sfida significativa per le istituzioni che utilizzano il robot.

## 1.10 Conclusioni e Futuro dei SAR e di NAO

I Socially Assistive Robots, e in particolare *NAO*, rappresentano un progresso significativo nella robotica assistiva. Questi robot non solo eseguono compiti tradizionali, ma ampliano le possibilità di supporto sociale ed emotivo in vari contesti. Con il continuo sviluppo tecnologico, è probabile che vedremo ulteriori miglioramenti nelle capacità e nelle applicazioni di questi robot, rendendoli strumenti ancora più efficaci e accessibili.

Il futuro dei SAR, e di *NAO* in particolare, sembra promettente. Con la crescente integrazione di intelligenza artificiale e tecnologie avanzate, questi robot potrebbero assumere ruoli ancora più significativi nel miglioramento della qualità della vita di individui in situazioni di vulnerabilità. La continua ricerca e innovazione contribuiranno a superare le sfide attuali e a esplorare

## CAPITOLO 1. I ROBOT SOCIALMENTE ASSISTIVI E IL CASO DI STUDIO DI NAO

---

nuove applicazioni, garantendo che i SAR possano rispondere in modo sempre più efficace alle esigenze della società.

La tecnologia dei SAR dimostra come la robotica possa andare oltre la semplice automazione dei compiti, offrendo un supporto significativo e umano per il benessere sociale ed emotivo. Man mano che queste tecnologie si evolvono e diventano più integrate nella nostra vita quotidiana, possiamo aspettarci un impatto sempre più profondo e positivo, migliorando la connessione umana e il supporto nella nostra società.

## 2. Acquisizione Specifiche

Il presente capitolo descrive i primi passi per la realizzazione di un progetto di riabilitazione cognitiva, una pratica terapeutica mirata a migliorare o ripristinare le funzioni cognitive compromesse a causa di traumi, patologie neurodegenerative o lesioni cerebrali [4]. La riabilitazione cognitiva è un processo che mira a rafforzare capacità come la memoria, l'attenzione e la risoluzione di problemi, offrendo al paziente strumenti per migliorare la qualità della vita quotidiana [5]. Nel contesto del nostro progetto, queste abilità sono stimolate attraverso una serie di compiti strutturati e progressivamente più complessi, che permettono un monitoraggio continuo dei progressi e un adattamento della difficoltà alle capacità del paziente.

Questo progetto si basa su un approccio strutturato alla riabilitazione, che coinvolge sessioni ripetute di esercizi cognitivi specifici, progettati per stimolare aree chiave del cervello responsabili della memoria prospettica, dell'attenzione e del ragionamento logico. La letteratura scientifica supporta l'efficacia di tali programmi di riabilitazione nella riduzione degli effetti cognitivi delle malattie neurodegenerative, come il morbo di Alzheimer, e nelle disfunzioni cognitive post-ictus [6, 7]. In particolare, gli esercizi che includono feedback immediato e progressi gradualmente hanno dimostrato di migliorare significativamente le prestazioni cognitive nel lungo termine [8].

Le tecniche di riabilitazione cognitiva includono sia l'allenamento delle abilità cognitive residue sia lo sviluppo di strategie compensative per far fronte alle difficoltà cognitive [9]. In questo progetto, il paziente sarà impegnato in una serie di compiti mirati, come il riconoscimento di parole target, la selezione della risposta sbagliata e il riordinamento di liste. Ogni compito è stato sviluppato per allenare specifiche capacità cognitive, come la memoria episodica, l'attenzione selettiva e la pianificazione, e sarà calibrato in base alla difficoltà per offrire una sfida crescente al paziente.

### 2.1 Raccolta informazioni

Per adattare la struttura esistente a una nuova versione funzionale, il primo passo è stato consultare chi ne avrebbe fatto uso. È stato quindi instaurato fin da subito un solido canale di comunicazione con le colleghe del corso di Psicobiologia e Neuroscienze Cognitive. Grazie al loro contributo, è stata delineata la linea guida per la nuova struttura del progetto.

Le nozioni di base necessarie per introdurre questo concetto sono riassunte brevemente nelle seguenti frasi. Eventuali ulteriori informazioni verranno fornite in futuro, se necessario.

Definiamo ora alcuni termini chiave:

- un paziente segue un **programma**;
- ogni programma è composto da 9 **sessioni**, inclusa la sessione 0, definita come *conoscitiva*;
- all'interno di ogni sessione, il paziente dovrà completare almeno 3 **compiti**, finalizzati alla riabilitazione e al rafforzamento della memoria.
- Ogni compito è suddiviso in tre **livelli**: facile, medio, difficile. Intrinsecamente all'aumentare della difficoltà aumenta la lunghezza del compito.
- la **soglia** stabilita per il superamento delle prove è dell'80%

### 2.2 Struttura della sessione 0

All'inizio del percorso, il paziente sarà invitato a rispettare alcune regole fondamentali che sono essenziali per il buon andamento delle sessioni. È importante che il paziente si adatti subito a queste indicazioni:

- Parlare chiaramente e a voce alta, per garantire che le risposte siano ben udibili e comprensibili.
- Rispondere esclusivamente seguendo le istruzioni specifiche fornite.

Per illustrare questo approccio, ecco un esempio del primo scambio di conversazione:



**Messaggio di Benvenuto**

Buongiorno. Io mi chiamo NAO! Spero tu sia felice di essere qui con me oggi. Il mio obiettivo è che tu ti diverta mentre cerchi di migliorare le tue prestazioni cognitive, e io sono qui per supportarti in questo processo. Durante le sessioni, potresti affrontare compiti che variano in difficoltà: alcuni saranno più semplici, mentre altri potrebbero risultare più complessi. Non preoccuparti, perché sarò sempre al tuo fianco per guidarti e aiutarti a fare del tuo meglio. È importante ricordare che anche io potrei fare degli errori, e questo è del tutto normale; tutti possiamo sbagliare. Per aiutarmi a migliorare, potresti alzare il tono della voce quando rispondi alle mie domande e usare solo le parole che ti indicherò. Se sei d'accordo con queste indicazioni, allora sono pronto a iniziare. E tu, sei pronto?

Da questo primo scambio, è chiaro che NAO è progettato per ricevere risposte chiare e precise. Dopo questo breve e introduttivo dialogo, il paziente sarà invitato a eseguire un compito specifico. Questo compito sarà preceduto da un suono distintivo, che il paziente imparerà ad associare al compito stesso, rendendolo così più stimolante e coinvolgente.

Dopo il segnale iniziale, le regole del compito saranno spiegate al paziente. In caso di necessità, queste regole verranno reiterate per garantire una comprensione completa. Il compito iniziale sarà estremamente semplice e sarà accompagnato da un feedback immediato: se il risultato sarà positivo, il paziente riceverà elogi e sarà incoraggiato a continuare in quella direzione. In caso contrario, le regole saranno ripetute senza ammonimenti severi, per evitare di demotivare il paziente.

Successivamente, il compito sarà eseguito in modalità facile. Se il paziente ottiene un esito positivo, oltre al feedback positivo, il suo punteggio sarà registrato e, nella sessione successiva, partirà da un livello superiore. Se il risultato è negativo, il paziente sarà incoraggiato a non perdere la speranza e a continuare a tentare.

**Feedback in caso di esito positivo**

Grande! Hai fatto un ottimo lavoro!

**Feedback in caso di esito negativo**

Non era proprio la risposta giusta, ma non preoccuparti, è solo questione di allenamento! Riproveremo un'altra volta e migliorerai sicuramente!

Questo approccio sarà applicato sistematicamente a ciascuno dei tre compiti principali previsti durante le sessioni. Tuttavia, è possibile che durante la sessione il paziente non sia sempre incline a collaborare o possa mostrare riluttanza. Per affrontare questa eventualità e rendere l'esperienza più piacevole, è stato previsto un piccolo stratagemma pensato per alleggerire l'atmosfera e migliorare l'interazione.

In particolare, in momenti strategicamente individuati durante la sessione, il discorso verrà interrotto da alcune battute leggere e divertenti. L'intento di queste battute è duplice: da un lato, cercare di strappare un sorriso al paziente e, dall'altro, incentivare un clima più rilassato e collaborativo. Questo approccio ha lo scopo di rendere il processo più fluido e di incoraggiare il paziente a continuare con maggiore entusiasmo e apertura.

Oltre ai tre compiti principali previsti, è stato pianificato un quarto compito che riveste un ruolo particolare all'interno del programma. Questo quarto compito viene somministrato inizialmente, prima dell'introduzione del secondo e terzo compito, e poi riproposto nuovamente al termine di questi ultimi. La funzione principale di questo compito aggiuntivo è quella di allenare la memoria prospettica. La sua principale finalità è quella di esercitare e rafforzare la memoria prospettica del paziente.

La memoria prospettica è una componente cruciale delle nostre capacità cognitive, e pertanto è fondamentale dedicarvi attenzione e esercizio. Tuttavia, la definizione precisa di memoria prospettica e il suo significato verranno illustrati più dettagliatamente in seguito, in modo da fornire una comprensione completa e approfondita tramite esempi.

Tra un compito e l'altro, ci saranno brevi intervalli durante i quali il paziente sarà invitato a riflettere sulla propria esperienza e a esprimere il proprio grado di soddisfazione. Questi momenti servono a garantire che il paziente si senta coinvolto e apprezzato durante il percorso.

### Feedback sulla Soddisfazione

Ottimo lavoro finora! Stai andando alla grandissima e stiamo per arrivare alla conclusione di questa sessione di giochi. Mi piacerebbe sapere se ti stai divertendo e se il nostro tempo insieme sta soddisfacendo le tue aspettative. Come ti senti riguardo ai compiti che hai svolto? Fammi sapere, il tuo feedback è importante per rendere queste sessioni sempre più coinvolgenti!

Alla fine della sessione, il robot saluterà il paziente, concludendo l'incontro con un messaggio di apprezzamento e incoraggiamento per il futuro. Questo saluto finale è progettato per lasciare un'impressione positiva e motivante.

**Saluto Finale**

Sei stato davvero eccezionale oggi! Sono molto soddisfatto del lavoro che hai fatto e sono sicuro che con questo spirito faremo tantissimi progressi insieme. Per oggi abbiamo concluso i nostri giochi, ma non preoccuparti: la prossima volta che ci incontreremo, avrò nuove e divertenti sfide pronte per te. Allora, ci vediamo alla prossima sessione! Ti ringrazio per il tempo che hai passato con me e ti auguro una buona giornata. Arrivederci e a presto!

## 2.3 Modello di sessione standard

**Saluto iniziale nelle sessione 1**

Ciao, bentornato! Spero che oggi tu stia bene e che abbia trascorso delle ottime giornate dall'ultima volta che ci siamo visti! Io sto benone e non vedo l'ora di trascorrere del tempo con te e fare dei giochi molto divertenti! Ho preparato per te nuovi giochi da fare insieme per divertirvi e metterci alla prova, le regole sono sempre le stesse della volta scorsa, te le ricordi?

Le sessioni successive saranno strutturate tenendo conto dell'impronta e delle informazioni raccolte durante la sessione iniziale, indicata come Sessione 0. Ogni futura sessione seguirà un formato consolidato che prevede la ripetizione dei compiti principali e l'inserimento del compito speciale, con una frequenza di due volte per ciascuno.

In ogni sessione, i tre compiti principali saranno proposti regolarmente, assicurando così una continuità e una coerenza nell'approccio. Ogni compito sarà introdotto dal proprio jingle identificativo, che serve come segnale distintivo per il paziente e aiuta a creare una struttura familiare e riconoscibile. Questo jingle non solo segna l'inizio del compito, ma funge anche da strumento motivazionale per rendere l'esperienza più coinvolgente e stimolante.

Inoltre, le regole per l'esecuzione dei compiti saranno reiterate e richiamate, se necessario, per garantire che il paziente comprenda chiaramente le aspettative e le istruzioni. Questo processo di ripetizione delle regole è fondamentale per evitare fraintendimenti e per assicurare che il paziente possa affrontare i compiti con la massima efficacia.

Il livello di difficoltà di ciascun compito sarà adattato in base ai risultati ottenuti nelle sessioni precedenti. Questo approccio personalizzato permette di calibrare le sfide in base alle prestazioni passate del paziente, assicurando così che i compiti siano sempre appropriati e stimolanti. In altre parole, se un

compito è stato affrontato con successo nella sessione precedente, il livello di difficoltà sarà gradualmente aumentato per continuare a stimolare e sviluppare le abilità del paziente. Viceversa, se ci sono state difficoltà, il livello di difficoltà sarà mantenuto o modificato per offrire un supporto adeguato e facilitare il miglioramento continuo.

In sintesi, ogni sessione successiva costruirà sull'esperienza acquisita nella Sessione 0, mantenendo una struttura costante e un adattamento dinamico delle sfide per ottimizzare il progresso e il coinvolgimento del paziente.

### 2.4 Spiegazione dei compiti scelti

I compiti principali previsti per il paziente sono tre:

1. **Batti un colpo:** Il paziente deve individuare e battere le mani ogni volta che all'interno di un racconto compare una parola target, definita all'inizio del compito. Alla fine del racconto, verranno poste domande di comprensione del testo.
2. **Sbagliando si impara:** Durante questa attività, vengono poste delle domande con due risposte possibili. L'obiettivo del gioco è selezionare la risposta sbagliata. La difficoltà risiede nel tempo a disposizione e, in caso di errore, l'intera sequenza di domande viene riproposta dall'inizio.
3. **Riordinando:** Viene prima stabilita un'area tematica, quindi elencate varie risposte in ordine casuale. Il paziente dovrà riordinarle seguendo il criterio stabilito.

È stato inoltre introdotto un quarto compito *speciale*: di memoria prospettica. Una definizione accurata di questo termine può aiutare a comprendere meglio l'importanza di tale compito.

Memoria Prospettica si riferisce alla capacità di ricordare di eseguire azioni pianificate in futuro, come prendere una medicina a un'ora specifica o partecipare a un appuntamento. Questa abilità è fondamentale per gestire le attività quotidiane e mantenere l'autonomia. Essa può essere suddivisa in due componenti principali: la *memoria basata sugli eventi*, che riguarda il ricordo di fare qualcosa in risposta a un segnale o a un evento, e la *memoria basata sul tempo*, che consiste nel ricordare di fare qualcosa a un momento preciso [10].

Nel contesto del nostro progetto, la memoria prospettica verrà stimolata chiedendo al paziente di ricordarsi di compiere un'azione o pronunciare una determinata parola in un momento successivo della sessione. Questo esercizio mira a potenziare la memoria basata sugli eventi, allenando la capacità

del paziente di ricordare compiti futuri in risposta a segnali specifici, contribuendo così al miglioramento dell'autonomia e delle abilità cognitive nella vita quotidiana.

Numerosi studi hanno dimostrato l'efficacia di tali esercizi di memoria prospettica nel potenziamento delle capacità cognitive. Kliegel et al. (2008) hanno evidenziato come l'allenamento mirato alla memoria prospettica possa portare a miglioramenti significativi, specialmente quando l'esercizio è adattato alle necessità individuali dei pazienti [11]. Inoltre, la letteratura ha sottolineato che l'integrazione di compiti cognitivi complessi, che coinvolgono sia la memoria prospettica sia altri domini della funzione esecutiva, aumenta l'efficacia della riabilitazione cognitiva (McDaniel & Einstein, 2007) [12]. Questo tipo di approccio migliora non solo la memoria prospettica, ma anche le capacità generali di gestione delle attività quotidiane e la qualità della vita.



## 3. Modellazione

Questo capitolo illustra il processo di modellazione dei compiti cognitivi per il nostro progetto di riabilitazione, con l'obiettivo di adattarli alle esigenze dei pazienti. Dopo aver delineato i principi teorici nei capitoli precedenti, ora ci concentriamo sulla concretizzazione di questi concetti attraverso esercizi strutturati su più livelli di difficoltà e varietà, al fine di mantenere elevato l'interesse e l'impegno. Verranno analizzati i criteri per evitare la ripetitività, la personalizzazione delle attività, e come il sistema gestisce la progressione adattiva per ciascun paziente, ottimizzando l'intero processo riabilitativo.

### 3.1 Variabilità e Difficoltà dei Compiti Cognitivi

Uno dei principali requisiti del progetto è stato progettare compiti cognitivi che evitassero la ripetizione, rendendo ogni sessione di allenamento unica e interessante. Per ottenere questa variabilità, ogni esercizio è stato strutturato in più versioni, ciascuna delle quali articolata su otto livelli di difficoltà. La tabella seguente illustra alcuni esempi di compiti cognitivi, con le loro variazioni di difficoltà e i parametri specifici che influenzano la complessità di ciascun esercizio

	prova	facile	intermedio	difficile
<b>Numero parole target</b>	3	4	6	8
<b>Numero domande a fine storia</b>	1	1	2	3

Tabella 3.1: Batti un colpo

	prova	facile	intermedio	difficile
<b>N° di domande</b>	2	5	9	13
<b>Di cui difficili</b>		1	2	3
<b>Tempo massimo per risposta</b>	10 sec	10 sec	10 sec	10 sec
<b>Tempo totale</b>	100 sec	100 sec	100 sec	100 sec

Tabella 3.2: Sbagliando si impara

	prova	facile	intermedio	difficile
<b>Numero elementi della lista</b>	2	4	6	8
<b>Tempo massimo esposizione</b>	20 sec	30 sec	45 sec	45 sec

Tabella 3.3: Riordinando

## 3.2 Ottimizzazione della Difficoltà

Nella definizione dei criteri di difficoltà, abbiamo tenuto conto di vari fattori, assicurandoci che ciascun compito fosse adatto al livello di abilità del paziente. L'obiettivo era evitare che i compiti risultassero troppo semplici, riducendo così il rischio di demotivazione, ma anche eccessivamente complessi, per prevenire frustrazione e calo di performance. La varietà dei livelli di difficoltà, unita alla rotazione di diversi tipi di prove, consente di mantenere alto l'interesse e l'impegno del paziente nel corso delle sessioni.

Ora descriveremo nel dettaglio le fasi della sessione, soffermandoci sulle differenze rispetto alla *sessione introduttiva*.

## 3.3 Fase Intro

La fase denominata "INTRO" rappresenta il momento iniziale della sessione, durante il quale il paziente viene accolto e guidato verso il primo compito. Rispetto alla *sessione introduttiva*, che mira prevalentemente a fornire una panoramica del programma, la fase INTRO ha uno scopo operativo più immediato: facilitare l'inizio effettivo dell'attività.



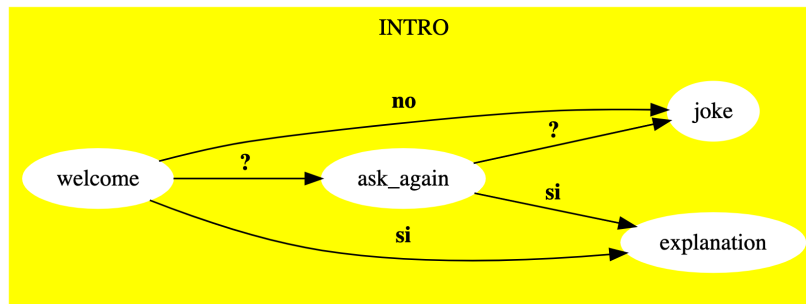


Figura 3.1: Grafo fase intro

Nel dettaglio, questa fase prevede una sequenza di interazioni strutturate, con tre possibili risposte da parte del paziente:

- **Sì:** Se il paziente risponde in modo affermativo, il sistema lo informa che la sessione sta per iniziare, preparando così il terreno per il primo gioco.
- **No:** In caso di risposta negativa, il paziente riceve un breve momento di relax, accompagnato da una battuta o una breve storia, che serve a distendere l'atmosfera.
- **Altro:** Se il paziente fornisce una risposta non prevista, il robot (Nao) ricorda gentilmente di attenersi alle opzioni indicate, invitandolo a rispondere con "sì" o "no".

Questa fase è cruciale non solo per stabilire un contatto iniziale positivo, ma anche per garantire che il paziente si senta a proprio agio prima di affrontare il primo compito cognitivo. A differenza della *sessione introduttiva*, qui si pone una maggiore enfasi sull'interazione immediata e sulla personalizzazione dell'approccio, con l'obiettivo di mantenere il paziente concentrato e pronto a procedere.

### 3.4 Task Chooser: il nucleo

Questo stato rappresenta il nucleo decisionale dell'intera sessione, poiché sarà responsabile di orchestrare il flusso delle attività senza che il paziente ne sia consapevole o interagisca direttamente con esso. Sebbene invisibile all'utente, svolge un ruolo fondamentale nell'adattare la sessione alle esigenze specifiche di ciascun paziente.

All'interno di questo stato, verranno prese tutte le decisioni cruciali riguardo alla sequenza dei compiti. In primo luogo, sarà stabilito quale attività

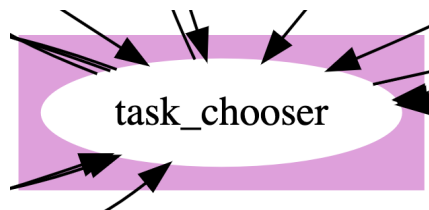


Figura 3.2: Task chooser

avviare, seguita da una selezione precisa per il secondo e il terzo compito, determinando così la struttura dell'intera sessione. Questo stato funge da punto di diramazione che differenzia ogni sessione, garantendo una diversificazione costante.

In aggiunta, lo stato non si limita solo alla selezione dei compiti: definisce anche il livello di difficoltà appropriato per ciascun esercizio, assicurando che l'impegno richiesto sia adeguato alle capacità del paziente. Infine, sarà determinata anche quale delle otto versioni disponibili del compito verrà presentata, offrendo ulteriore variabilità e prevenendo la ripetizione di esercizi già svolti, mantenendo così alto l'interesse e la motivazione del paziente.

Nella sessione 0, tutti i parametri e le decisioni operative sono già stati definiti in anticipo. Di conseguenza, il task chooser – il sistema responsabile della selezione e gestione dei compiti – non avrà l'opportunità di sfruttare appieno le sue capacità di adattamento e personalizzazione. In questa fase preliminare, infatti, il suo utilizzo si limita ad eseguire il percorso predefinito senza dover prendere decisioni dinamiche basate sulle performance o sulle risposte del paziente.

Tuttavia, a partire dalle sessioni successive, la funzionalità del task chooser si estenderà notevolmente. Le future sessioni saranno infatti caratterizzate da una maggiore flessibilità e da un processo decisionale più complesso, in cui il task chooser potrà valutare diverse variabili per personalizzare il percorso del paziente, migliorando l'efficacia degli esercizi proposti.

Seguiremo ora il percorso della sessione 0 passo dopo passo, annotando però quali varianti o scelte alternative verranno adottate nelle sessioni successive. In questo modo, sarà possibile tracciare con chiarezza le differenze tra la fase introduttiva e le sessioni successive, in cui il sistema entrerà in piena operatività, adattandosi alle esigenze specifiche di ciascun paziente.

## 3.5 Batti un colpo

Il compito denominato "Batti un colpo" inizia con l'ascolto di un jingle specifico, che funge da segnale per il paziente. Questo jingle, nelle prime fasi

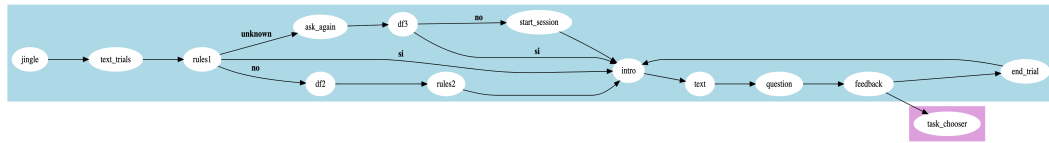


Figura 3.3: Batti un colpo

della terapia, potrebbe non avere un significato preciso per il paziente, ma è parte di un processo di associazione graduale. Man mano che le sedute procedono, il paziente imparerà a riconoscerlo come indicatore dell’inizio di questa particolare attività, rafforzando così l’acquisizione di routine cognitive.

All’inizio della prova, il paziente verrà informato di essere entrato nel compito e gli verranno fornite istruzioni chiare riguardo le regole da seguire. Dopo la spiegazione iniziale, verrà richiesto un riscontro per verificare la comprensione del compito da parte del paziente. A questo punto, il sistema prevede diverse risposte, che verranno gestite nel seguente modo:

- Se il paziente segnala di non aver compreso le regole, queste verranno ripetute, utilizzando un linguaggio più semplice e accessibile, ma mantenendo invariato il contenuto informativo per non alterare il significato della prova.
- Se il paziente non risponde con un "sì" o un "no", verrà gentilmente ricordato che Nao, il robot che gestisce la sessione, è in grado di interpretare solamente risposte binarie. Al paziente verrà quindi data un’ulteriore opportunità di fornire una risposta adeguata.
- Se il paziente conferma di aver compreso le regole rispondendo "sì", si procederà all’inizio della fase successiva.

Una volta ottenuto il riscontro positivo, il paziente avrà la possibilità di effettuare una prova del compito, utile per familiarizzare con la dinamica dell’esercizio. Al termine di questa prova, il sistema fornirà un feedback immediato, comunicando al paziente l’esito della sua prestazione. Successivamente, verrà informato che la fase di prova è conclusa e che sta per iniziare il compito vero e proprio, il quale partirà dal livello di difficoltà più semplice.

L’obiettivo di questa fase preliminare è duplice: da un lato, si intende assicurarsi che il paziente comprenda pienamente le regole del compito, dall’altro si mira a creare un’esperienza che non sia frustrante ma motivante, permettendo al paziente di acquisire fiducia nelle proprie capacità fin dalle prime prove.

### 3.6 Introduzione al compito di memoria prospettica, parte 1

#### Memoria prospettica

Prima di iniziare un nuovo gioco, ti dirò una parola che dovrai ricordare fino alla fine del prossimo gioco e ripetermela quando te la chiederò.

Dopo la conclusione del primo compito e prima dell'inizio del secondo, viene introdotta la prima parte del compito di memoria prospettica. In questa fase, al paziente verrà chiesto di ricordare di eseguire un'azione o dire qualcosa in un momento successivo, a seconda del contesto specifico.

Ad esempio:

Quando io ti dirò "Luna", tu mi dovrai rispondere "Stelle".

Oppure:

Quando io ti dirò "Mucca", tu dovrai battere le mani tre volte.

### 3.7 Sbagliando si impara

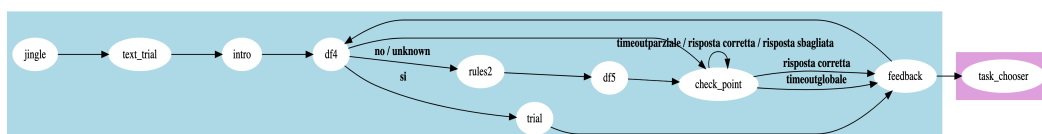


Figura 3.4: Sbagliando si impara

Dopo l'ascolto del jingle, viene comunicato al paziente il nome del compito, seguito dalla spiegazione dettagliata delle regole, essendo la prima volta che si confronta con questo tipo di esercizio. Nel caso in cui il paziente manifesti difficoltà nel comprendere le istruzioni, queste verranno ripetute con maggiore chiarezza, pur mantenendo il contenuto originale.

Questo compito, denominato "Sbagliando si impara", è tra i più complessi non solo da rappresentare ma anche da programmare. La sua difficoltà principale risiede nella natura ripetitiva e nella struttura specifica che impone al paziente di rispondere in modo errato a tutte le domande poste.

Ulisse o Virgilio, chi è il protagonista dell'Odissea?

La risposta che dovrà dare il paziente è quella sbagliata, quindi

Virgilio

Il numero di domande varia in base al livello di difficoltà prescelto, e il paziente ha a disposizione un tempo totale di 100 secondi per completare il compito. Se riesce a rispondere erroneamente a tutte le domande entro il tempo stabilito, il compito verrà considerato completato con successo. Tuttavia, se anche una sola domanda riceve una risposta corretta, il paziente dovrà ripetere l'intero esercizio dall'inizio, sempre entro il limite di 100 secondi.

Ogni domanda dispone di un tempo massimo di 10 secondi per essere completata. Se il paziente supera questo limite temporale senza dare una risposta, ciò sarà interpretato come un errore, costringendolo a riprendere il compito dall'inizio. In questo modo, il paziente è chiamato a mantenere un'attenzione costante e una gestione ottimale del tempo per completare con successo l'esercizio.

Al termine verrà dato un feedback che decreterà la fine del compito.

### 3.8 Compito di memoria prospettica, parte 2

Una volta completato il compito precedente, il paziente sentirà nuovamente il jingle associato al compito di memoria prospettica, a indicare che è arrivato il momento di mettere alla prova la sua capacità di ricordare l'istruzione ricevuta in precedenza. Riprendendo l'esempio fatto in precedenza, gli verrà detto:

È arrivato il momento! Cosa faresti se io ti dicessi Luna?

A questo punto, se il paziente ricorda correttamente l'azione o la parola da dire, la risposta sarà:

**Esito positivo**

Bravissimo! Continua così e svilupperai una memoria di ferro!

Nel caso in cui il paziente non risponda né dica o faccia nulla, il feedback sarà incoraggiante, sottolineando che il miglioramento è possibile con l'allenamento:

### Esito incoraggiante intermedio

Non ti viene in mente nulla? Non preoccuparti, la parola da ricordare era Luna! Ma tranquillo, è solo una questione di pratica! Riproveremo più avanti e vedrai che andrà meglio!

Infine, se il paziente sbaglia completamente la risposta, fornendo un'azione o una parola errata, verrà comunque rassicurato, ricevendo un rinforzo positivo nonostante l'errore:

### Esito negativo ma incoraggiante

Non era proprio la risposta corretta, ma non c'è problema! Con un po' di allenamento riuscirai a migliorare sempre di più! Ripeteremo l'esercizio e vedrai che andrà meglio la prossima volta!

Questo sistema di feedback positivo, indipendentemente dall'esito della prova, è fondamentale per mantenere alta la motivazione del paziente e incoraggiarlo a continuare a migliorare le sue capacità cognitive. Ogni tentativo è visto come un'opportunità di apprendimento, rafforzando così la sua fiducia nel processo di riabilitazione.

## 3.9 Verso la fase finale

Con l'avvicinarsi della conclusione della sessione, è fondamentale raccogliere il feedback del paziente per comprendere meglio la sua esperienza. Nao, quindi, interagirà con il paziente con il seguente messaggio:

Stai facendo un ottimo lavoro! Siamo quasi alla fine del nostro tempo dedicato ai giochi. Ti stai divertendo con questa esperienza?

Indipendentemente dalla risposta del paziente, Nao dovrà assicurarsi di creare un ambiente accogliente e rassicurante. Questo momento di feedback è essenziale non solo per valutare il gradimento del paziente, ma anche per prepararlo al prossimo compito. Dopo aver raccolto il suo parere, Nao introdurrà il terzo e ultimo compito della sessione. Ma prima di procedere, verrà presentata una nuova attività legata alla memoria prospettica.



Dopo la risposta, verrà fornito il feedback e si andrà verso la fase finale della sessione.

### 3.11 Fine sessione

Prima di concludere definitivamente la sessione, verrà riproposto al paziente il secondo compito di memoria prospettica. Nao ricorderà al paziente il compito che aveva assegnato in precedenza, dando così l'opportunità di richiamare alla memoria la parola o l'azione richiesta. In base alla risposta del paziente, Nao fornirà un feedback personalizzato, incoraggiando e supportando il paziente indipendentemente dall'esito. Se il paziente riuscirà a ricordare correttamente, verrà elogiato per l'ottimo lavoro, mentre se non riuscirà o commetterà errori, Nao offrirà un messaggio motivante, sottolineando che la memoria migliora con l'esercizio e che ci saranno altre occasioni per allenarsi.

Una volta concluso questo secondo compito di memoria prospettica, la sessione volgerà al termine. Nao chiuderà il momento di lavoro con un messaggio finale:

#### Fine

Sei stato davvero bravo oggi! Se continui così faremo tantissimi progressi insieme! Per oggi abbiamo finito i nostri giochi, ma la prossima volta che ci vedremo te ne proporrò di nuovi e divertenti, va bene? Allora ci vediamo la prossima volta! Arrivederci e grazie per aver passato del tempo con me!

Questo ultimo passo ha l'obiettivo di chiudere la sessione su una nota positiva, lasciando il paziente con una sensazione di successo e motivazione per continuare il percorso di riabilitazione cognitiva.

### 3.12 Differenze

Dopo aver descritto in dettaglio la struttura della sessione 0, è opportuno evidenziare le differenze che si riscontrano nelle sessioni successive. Sebbene le variazioni siano minime, è comunque importante metterle in luce per comprendere meglio come il programma di riabilitazione si adatti alle esigenze del paziente.

Innanzitutto, la struttura generale della sessione, o lo "scheletro", rimarrà invariata. Tuttavia, ciò che potrà essere modificato è l'ordine di somministrazione dei compiti. Questo cambiamento è pensato per mantenere alta l'attenzione del paziente e per evitare una routine che potrebbe risultare ripetitiva o



prevedibile. La variazione dell'ordine permette, inoltre, di adattare la sessione a eventuali progressi o difficoltà riscontrate dal paziente nelle fasi precedenti.

Un altro aspetto cruciale che potrà subire modifiche è il livello di difficoltà dei compiti. Se, infatti, durante la sessione precedente il paziente avrà raggiunto una soglia prestabilita di successo, il livello di difficoltà verrà incrementato, o decrementato, per continuare a stimolarne le capacità cognitive e non stagnare in compiti troppo semplici, o troppo difficili. Questo approccio progressivo assicura che il percorso riabilitativo rimanga sfidante, ma allo stesso tempo adeguato al livello di abilità del paziente.

In sintesi, mentre la struttura di base delle sessioni rimane costante, le sessioni successive alla prima possono essere adattate sia nell'ordine dei compiti, sia nella difficoltà, garantendo così un'esperienza personalizzata e progressivamente più stimolante per il paziente.

Introduzione
Compito
Middle
Memoria prospettica 1
Compito
Memoria prospettica 1
Memoria prospettica 2
Compito
Memoria prospettica 2
End

Tabella 3.4: Struttura generica delle sessioni

PROGRAMMA							
Sessione 0	Sessione 1	Sessione 2	Sessione 3	Sessione 4	Sessione 5	Sessione 6	Sessione 7



## 4. Implementazione

Questo capitolo descrive il processo di implementazione del sistema di riabilitazione cognitiva, con particolare attenzione all'integrazione di Answer Set Programming (ASP) e Explainable AI (XAI). Viene fornita una panoramica sull'utilizzo di ASP per la modellazione dei compiti e la gestione dinamica delle sessioni, mentre XAI viene discusso in relazione alla trasparenza e alla spiegabilità dei sistemi di intelligenza artificiale, in conformità con le normative europee. Successivamente, viene dettagliato il funzionamento dei principali script utilizzati per la conversione dei dati e la generazione di file di configurazione. La sezione finale esplora la struttura e la funzionalità del sistema implementato, inclusa la gestione dei compiti e la creazione dei file necessari per il corretto funzionamento del sistema.

### 4.1 Cos'è ASP e Perché è Stato Scelto per Questo Progetto

ASP, ovvero Answer Set Programming, è un paradigma di programmazione logica utilizzato per risolvere problemi complessi di combinazione e ottimizzazione [13, 14]. È particolarmente efficace per la rappresentazione e la risoluzione di problemi che possono essere espressi in termini di regole logiche e vincoli. ASP consente di definire i problemi come insiemi di risposte potenzialmente valide, che vengono poi elaborate per trovare soluzioni ottimali.

Nel nostro progetto di riabilitazione cognitiva, ASP è stato scelto per la sua capacità di gestire dinamicamente le complessità legate alla personalizzazione dei compiti e alla variabilità dei livelli di difficoltà [15, 16]. La sua flessibilità e potenza nell'elaborazione delle regole logiche lo rendono ideale per adattare il sistema alle esigenze specifiche dei pazienti, ottimizzando le sessioni di allenamento in modo automatico e preciso.

## 4.2 Explainable AI e Importanza della Trasparenza nei Sistemi ad Alto Rischio

### 4.2.1 Cos'è l'Explainable AI (XAI)?

L'Explainable AI (XAI) rappresenta un approccio alla progettazione e implementazione di sistemi di intelligenza artificiale (IA) che non solo forniscono decisioni automatizzate ma le spiegano in modo comprensibile agli utenti umani [17]. L'obiettivo principale di XAI è migliorare la trasparenza e la fiducia nei modelli di IA, specialmente in contesti in cui le decisioni automatizzate hanno impatti significativi sulla vita delle persone [18].

XAI è fondamentale in scenari ad alto rischio, dove la comprensione delle decisioni algoritmiche è cruciale per garantire che le decisioni siano giuste, etiche e conformi alle normative. Tecniche di XAI possono includere metodi di interpretazione dei modelli, visualizzazioni delle decisioni e approcci basati su regole che rendono i processi decisionali delle IA più trasparenti [19].

### 4.2.2 Importanza della Trasparenza secondo l'AI Act

Il *Regolamento (UE) 2021/2081* sull'Intelligenza Artificiale (AI Act) stabilisce requisiti specifici per i sistemi di IA ad alto rischio, sottolineando la necessità di trasparenza e spiegabilità [20]. Secondo l'AI Act, i sistemi di IA ad alto rischio devono essere progettati in modo da garantire che le decisioni automatizzate siano spiegabili agli utenti finali e che i sistemi siano auditabili e documentabili [21].

Questa regolamentazione mira a proteggere i diritti fondamentali e a garantire la sicurezza e l'affidabilità dei sistemi di IA. La trasparenza è essenziale per permettere agli utenti di comprendere e contestare le decisioni automatiche, migliorando così la responsabilità e la fiducia nei sistemi di IA [22].

### 4.2.3 Benefici e Sfide dell'Implementazione di XAI

Implementare XAI in sistemi di IA ad alto rischio offre numerosi benefici, tra cui una maggiore fiducia degli utenti, la conformità alle normative e la riduzione dei bias [23]. Tuttavia, ci sono sfide significative, come il bilanciamento tra complessità del modello e comprensibilità delle spiegazioni e la gestione dell'overhead computazionale associato ai metodi di spiegazione [24].

In sintesi, XAI è un componente cruciale per la trasparenza e la responsabilità dei sistemi di IA, in particolare in contesti ad alto rischio, e deve essere integrato in modo efficace per garantire decisioni giuste e affidabili.

### 4.3 Descrizione generale main.py

Il codice precedentemente sviluppato integra un sistema di interazione tra un utente e un robot NAO, attraverso una combinazione di tecnologie speech-to-text e text-to-speech. Utilizzando il modulo ASP.launch come wrapper per la gestione logica delle sessioni, l'istanza di Clingo viene costantemente aggiornata per definire il prossimo stato in base ai risultati ottenuti. I moduli aggiuntivi, come *compare*, verificano la correttezza delle risposte date dall'utente rispetto a quelle attese, mentre *speech2text* e *text2speech* convertono il parlato in testo e viceversa. Il sistema si connette al robot tramite una socket sulla porta specificata, permettendo la comunicazione in tempo reale. Durante l'esecuzione, il robot seleziona compiti (tasks) e ascolta le risposte dell'utente, che vengono analizzate e confrontate con frasi predefinite in un file JSON contenente risposte possibili. A seconda dell'output della sessione, il robot risponde o propone nuove attività, aggiornando un file di storico per tracciare i progressi e gestire la sequenza degli stati e delle decisioni.

### 4.4 Il DFSA

La struttura scelta per modellare le sessioni è un DFSA. Ne era stata abbozzata una versione, ma è stata modificata per adattarsi alle nuove esigenze. Se prima la struttura era questa:

---

**Algoritmo 1** Struttura DFSA precedente

---

**DFSA structure:** state, answer\_type, feedback\_sentence, new\_state

---

- **state:** rappresenta lo stato corrente in cui si trova il sistema;
- **answer\_type:** indica il tipo di risposta attesa dall'utente;
- **feedback\_sentence:** contiene il feedback che il sistema fornisce all'utente in risposta all'azione svolta, che può variare in base alla correttezza della risposta;
- **new\_state:** rappresenta il nuovo stato in cui il sistema si sposta dopo aver elaborato la risposta dell'utente e fornito il feedback;

Ora la nuova quadrupla adottata è questa:

- **state:** rappresenta lo stato corrente del sistema all'interno del diagramma.

---

**Algoritmo 2** Struttura DFSA attuale

---

**DFSA structure:** `state`, `answer_type`, `listen_user`, `new_state`

---

- **`answer_type`**: identifica il tipo di risposta che l'utente fornisce;
- **`listen_user`**: indica se il sistema deve attendere una risposta dall'utente (ad esempio, *yes/no*).
- **`new_state`**: rappresenta lo stato successivo, a cui il sistema si sposta in base alla risposta dell'utente e al feedback fornito.

#### 4.4.1 Descrizione

Il codice sviluppato ha lo scopo di convertire un file Excel in un file `.asp`, modellando i dati all'interno di una struttura DFSA. Di seguito è riportata una descrizione dettagliata del funzionamento e dei controlli implementati.

Il processo inizia con la lettura del file Excel tramite la libreria `pandas`, utilizzando la funzione `pd.read_excel()`. Una volta caricato il file in un `DataFrame`, i nomi delle colonne vengono normalizzati, rimuovendo eventuali spazi e convertendoli in lettere minuscole per garantire uniformità e prevenire errori dovuti a discrepanze nei nomi delle colonne. Successivamente, anche i valori stringa delle celle vengono modificati per rimuovere eventuali spazi all'inizio e alla fine.

Dopo la normalizzazione, si estrae il valore della cella `A2` dalla colonna `da` per definire lo stato iniziale del DFSA, che viene poi scritto nel file `.asp` sotto forma di una dichiarazione iniziale `dfsa_start()`.

Segue l'iterazione su tutte le righe del `DataFrame`, con l'obiettivo di trasformare ciascuna riga in una dichiarazione ASP, utilizzando i seguenti campi:

- **`state`**: lo stato corrente del DFSA, corrispondente al valore nella colonna `da`.
- **`new_state`**: il nuovo stato a cui il sistema passa, derivato dalla colonna `a`.
- **`answer_type`**: il tipo di risposta attesa dall'utente, presente nella colonna `condizione`.
- **`listen_user`**: un flag che indica se è necessario attendere una risposta dall'utente, tratto dalla colonna `feedback required`.

Un'importante trasformazione è applicata al campo `listen_user`, che viene convertito dal formato `y/n` in `yes/no` per standardizzare l'output.

Il controllo più significativo è sul campo `answer_type`, che può contenere più condizioni separate dal simbolo `||`. Se presenti, le condizioni vengono divise e private di eventuali spazi superflui. Inoltre, vengono effettuati controlli per gestire valori speciali:

- Se `answer_type` contiene il simbolo `?`, esso viene sostituito con la stringa `unknown`.
- Se `answer_type` è vuoto o contiene il valore `nan`, viene anch'esso convertito in `unknown`.
- Se `answer_type` contiene espressioni logiche come `if`, `==`, `,` o `||`, viene considerato come una condizione non valida e trasformato in `unknown`.

Per ogni condizione elaborata, viene creata una riga ASP del tipo `dfsa(state, answer, listen_user, new_state)` e scritta nel file `.asp`.

Al termine dell'elaborazione di tutte le righe, viene scritto un messaggio di completamento dell'operazione, confermando che il file `.asp` è stato generato correttamente.

Questo codice gestisce vari formati non standard e previene errori nei dati grazie a controlli puntuali e a conversioni appropriate, garantendo un'accurata modellazione del DFSA. Ecco quindi un frammento di ciò che viene prodotto:

#### Output dfsa

```
% dfsa structure: state, answer_type, listen_user, new_state

dfsa_start(welcome).

dfsa(welcome, unknown, yes, ask_again).
dfsa(welcome, no, yes, welcome_joke).
dfsa(welcome, si, yes, explanation).
dfsa(ask_again, unknown, no, df1).
dfsa(ask_again_df1, si, yes, explanation).
dfsa(df1, no, yes, start_session).
...
```

## 4.5 Il file .json

Come accennato prima è necessario il file JSON contenente il dizionario, e quindi anche per questa occasione è stato creato uno script di supporto.

### 4.5.1 Descrizione

Questo script Python è progettato per convertire un file Excel in un formato JSON, seguendo una struttura semplice ma efficace. Il processo si svolge in diverse fasi, ciascuna delle quali è importante per garantire che i dati vengano trasformati correttamente e salvati nel formato desiderato.

Inizialmente, il codice importa tre librerie fondamentali: `pandas`, `json`, e `os`. La libreria `pandas` è essenziale per gestire i dati in formato tabellare, mentre `json` viene utilizzata per la manipolazione e la creazione del file JSON. La libreria `os` serve per gestire i percorsi dei file e le operazioni di file system.

La funzione principale, `convert_to_json`, è responsabile della trasformazione dei dati. Essa prende in input un `DataFrame`, che è una struttura dati tabellare offerta da `pandas`. All'interno di questa funzione, si itera attraverso ciascuna riga del `DataFrame`. Per ogni riga, si estrae il valore della prima colonna come chiave e il valore della seconda colonna come valore, costruendo così un dizionario JSON. Questo dizionario rappresenta i dati nel formato JSON richiesto e viene restituito dalla funzione.

Il percorso del file Excel da convertire è specificato nella variabile `excel_path`. Il file viene letto utilizzando la funzione `pandas.read_excel`. Si noti che le intestazioni vengono ignorate (impostando `header=None`) e tutte le celle sono trattate come stringhe (`dtype=str`) per evitare problemi di encoding.

Successivamente, il codice pulisce i dati rimuovendo eventuali spazi superflui all'inizio e alla fine dei valori nelle celle. Questa operazione di pulizia è importante per garantire che i dati siano ben formattati prima della conversione.

Per scopi di debug, viene stampato un elenco dei nomi delle colonne del `DataFrame`. Questo aiuta a verificare che i dati siano stati letti correttamente dal file Excel.

La conversione dei dati in formato JSON avviene grazie alla funzione `convert_to_json`, che utilizza il `DataFrame` pulito per creare il dizionario JSON.

Infine, il codice determina il percorso della cartella contenente il file Excel e crea un percorso per il nuovo file JSON. Il file JSON viene salvato nella stessa cartella con il nome `generics.json`. La scrittura del file JSON avviene con un'indentazione di 4 spazi per rendere il file leggibile, e `ensure_ascii=False` viene B per gestire correttamente i caratteri speciali.

Al termine del processo, viene stampato un messaggio che conferma la conclusione della conversione e indica il percorso del file JSON salvato.



Output file .json

```
{
  "start_session": "D'accordo allora iniziamo!",
  "game_on": "Cominciamo a giocare!",
  "repeat_rules": "Vuoi che ti spieghi le regole?",
  ...
}
```

## 4.6 Conversione Compiti

### 4.6.1 Descrizione dello script

#### Batti un colpo

Inizialmente, il file Excel denominato `compito1.xlsx` viene caricato utilizzando la libreria `pandas`. Una volta caricato il file, le colonne vengono ripulite rimuovendo gli spazi superflui tramite la funzione `str.strip()`.

Il file di output, denominato `compito1.asp`, viene aperto in modalità di scrittura. Per ogni riga del `DataFrame`, il codice esegue una serie di operazioni:

1. **Separazione dell'ID:** L'ID presente nella colonna `ID` viene suddiviso in due parti. La prima lettera viene convertita in minuscolo, mentre il resto dell'ID viene interpretato come un numero intero. Questa separazione consente di gestire gli identificatori in modo strutturato.
2. **Conversione della Difficoltà:** Il valore della colonna `DIFFICOLTA` viene convertito in un numero intero per facilitare la gestione delle diverse difficoltà nei dati.
3. **Scrittura dei Dati:** I dati elaborati vengono scritti nel file ASP. La sintassi utilizzata segue il formato `task(id_letter, id_number, difficulty, "STORIA", "TARGET", REP)`., dove i valori sono presi dalle colonne del `DataFrame`.
4. **Formattazione delle Risposte:** Una funzione interna, `format_responses`, si occupa di convertire le risposte in una stringa formattata correttamente. Se le risposte sono in formato lista, vengono unite in una singola stringa separata da virgole; altrimenti, vengono rimossi i caratteri di lista.
5. **Gestione delle Domande:** Le domande e le risposte sono gestite in base al livello di difficoltà. Se la difficoltà è 0 o 1, viene scritta una domanda

di comprensione con il formato `comprehension_question(id_letter, id_number, 1, "DOMANDA", "POSSIBILI RISPOSTE", "RISPOSTA ATTESA")..`. Se la difficoltà è 2, vengono scritte due domande di comprensione: una con lo stesso formato precedente e una seconda, aggiuntiva.

Il codice continua ad elaborare i dati fino alla fine del DataFrame, assicurandosi che tutte le informazioni vengano correttamente trasformate e salvate nel file ASP.

### Sbagliando si impara

Il codice ha come obiettivo principale l'elaborazione di un file Excel per generare un file di output in formato ASP, contenente dati strutturati.

Inizialmente, viene importata la libreria `pandas`, che fornisce strumenti per la manipolazione dei dati. La funzione `separa_lettera_numero` è definita per gestire la separazione di un valore in due componenti: una parte alfabetica e una numerica. Questa funzione utilizza una comprensione delle liste per estrarre i caratteri alfabetici e numerici dal valore fornito, convertendo i caratteri alfabetici in minuscolo e restituendo entrambe le componenti.

Il codice prosegue con un blocco `try` per gestire eventuali errori durante l'elaborazione. Il file Excel denominato `compito2.xlsx` viene caricato in un DataFrame utilizzando la funzione `pd.read_excel`. Successivamente, gli spazi bianchi nei nomi delle colonne vengono rimossi mediante la funzione `str.strip()`.

Un file di output, denominato `compito2.asp`, viene aperto in modalità di scrittura. Per ogni riga del DataFrame, il codice esegue le seguenti operazioni:

1. **Conversione della Difficoltà:** Il valore della colonna `DIFFICOLTA` viene convertito in un numero intero. Se il valore è mancante (NaN), viene impostato a 0 come valore predefinito.
2. **Separazione dell'ID:** Utilizzando la funzione `separa_lettera_numero`, l'ID presente nella colonna `ID` viene suddiviso in una parte alfabetica e una numerica.
3. **Preparazione delle Risposte:** Le risposte nella colonna `RISPOSTA` vengono suddivise in una lista tramite la funzione `split(',')`, e successivamente unite in una singola stringa separata da spazi.
4. **Scrittura dei Dati nel File ASP:** I dati elaborati vengono scritti nel file ASP utilizzando il formato `task(lettera, numero, difficolta, "risposte", "domanda", "corretta")..` Ogni riga rappresenta un compito con i dettagli forniti.

Il codice include anche la gestione di errori, con specifiche per le eccezioni `KeyError` e `FileNotFoundError`, e una generica `Exception` per altri errori. Se una colonna richiesta non è presente o se il file Excel non viene trovato, vengono visualizzati messaggi di errore appropriati.

### Riordinando

Il codice è progettato per elaborare un file Excel e generare un file in formato ASP con i dati trasformati.

1. **Importazione della Libreria:** Il codice inizia importando la libreria `pandas`, che è essenziale per la manipolazione e l'analisi dei dati provenienti dal file Excel.
2. **Definizione della Funzione `process_id`:** La funzione `process_id` si occupa di separare l'ID fornito in due parti: una lettera e un numero. La lettera viene estratta e convertita in minuscolo utilizzando il filtro `str.isalpha` per identificare i caratteri alfabetici. Il numero viene estratto utilizzando `str.isdigit` per identificare i caratteri numerici.
3. **Caricamento del File Excel:** Il codice tenta di caricare il file Excel denominato `compito3.xlsx` utilizzando la funzione `pd.read_excel`. Una volta caricato il file, gli spazi nelle intestazioni delle colonne vengono rimossi per garantire che i nomi delle colonne siano privi di spazi indesiderati.
4. **Creazione del File di Output:** Un file di output, `compito3.asp`, viene aperto in modalità di scrittura. Per ogni riga del `DataFrame`, il codice esegue le seguenti operazioni:
  - (a) **Estrazione e Elaborazione dei Dati:** I dati vengono estratti dalla riga corrente. L'ID viene processato utilizzando la funzione `process_id` per separare la lettera dal numero. La difficoltà viene convertita in un numero intero. Inoltre, vengono estratti il dialogo principale, un secondo dialogo e la risposta attesa.
  - (b) **Scrittura dei Dati nel File ASP:** I dati elaborati vengono scritti nel file ASP con il formato `task(letter, number, difficolta, "dialogo", "dialogo2", "risposta")..` Questo formato consente di salvare i dati in modo strutturato e facilmente leggibile.
5. **Gestione degli Errori:** Il codice include meccanismi per la gestione degli errori. Se si verifica un'eccezione `KeyError` (ad esempio, se una colonna richiesta non è presente), viene stampato un messaggio che indica

quale colonna è mancante. Se si verifica un'eccezione `ValueError` (ad esempio, se il formato dei dati è errato), viene stampato un messaggio che segnala l'errore nel formato dei dati.

6. **Gestione degli Errori di File:** Se il file Excel specificato non viene trovato, viene stampato un messaggio di errore "Il file Excel non è stato trovato.". Inoltre, se si verifica un'altra eccezione, viene stampato un messaggio generico che descrive l'errore.

### Memoria Prospettica

Il codice ha lo scopo di elaborare un file Excel e generare un file di output in formato ASP. Di seguito la descrizione dettagliata del funzionamento del codice:

Il codice inizia importando la libreria `pandas`, che è utilizzata per la manipolazione e l'analisi dei dati. Successivamente, all'interno di un blocco `try-except`, il codice tenta di eseguire le seguenti operazioni:

1. **Caricamento e Pulizia del File Excel:** Il file Excel denominato `compito4.xlsx` viene caricato in un `DataFrame` utilizzando la funzione `pd.read_excel()`. Una volta caricato il file, il codice rimuove eventuali spazi extra nei nomi delle colonne tramite `df.columns.str.strip()`.
2. **Apertura del File di Output:** Il codice apre un file di output denominato `compito4.asp` in modalità di scrittura. Il file è destinato a contenere le informazioni elaborate e formattate.
3. **Elaborazione dei Dati:** Per ogni riga del `DataFrame`, il codice esegue le seguenti operazioni:
  - **Valorizzazione delle Variabili:** Viene aggiunto un valore predefinito "mp" alla variabile `mp`. La colonna `ID` viene convertita in un numero intero e memorizzata nella variabile `id_`. La variabile `target` viene impostata con il valore della colonna `TARGET`.
  - **Gestione delle Colonne Opzionali:** Il codice verifica quale delle colonne opzionali `FINESTRA`, `DA' ASCOLTO`, `RILEVAMENTO TOCCO`, e `RILEVAMENTO AZIONE` contiene un valore non nullo e assegna tale valore alla variabile `rilevamento`. Se nessuna di queste colonne contiene un valore, `rilevamento` viene impostata come una stringa vuota.
  - **Scrittura dei Dati nel File ASP:** I dati elaborati vengono scritti nel file ASP nel formato specificato. Ogni riga del file di output segue il formato `task(mp, id_, "target", "rilevamento")`., dove

`mp`, `id_`, `target`, e `rilevamento` sono i valori derivati dalla riga del `DataFrame`.

4. **Gestione degli Errori:** Se una colonna specificata non esiste nel `DataFrame`, viene sollevata un'eccezione `KeyError`, e il codice stampa un messaggio di errore. Inoltre, se il file Excel non viene trovato, viene sollevata un'eccezione `FileNotFoundError`, e un messaggio di errore viene stampato. Per qualsiasi altro errore generico, viene catturato da un'eccezione generica `Exception`, e viene stampato un messaggio di errore.



## Conclusione e Sviluppi futuri

Nel corso dello sviluppo di questo progetto mirato alla riabilitazione cognitiva, è emersa la necessità di integrare tecnologie avanzate per migliorare l'interazione con il paziente, rendendo l'esperienza più dinamica e personalizzata. Oltre alla struttura decisionale già implementata, è stato parallelamente sviluppato un sistema di riconoscimento delle emozioni. Questo sistema avrà un ruolo chiave nel garantire che l'esperienza del paziente non sia solo standardizzata, ma anche adattativa alle sue condizioni emotive. Attraverso l'uso di sensori e tecnologie di rilevamento, si intende fornire al paziente strumenti utili per modulare la difficoltà dei compiti e migliorare il processo di riabilitazione.

In questo capitolo, si esamina come il sistema di riconoscimento delle emozioni sarà integrato, come verrà gestita l'interazione con i sensori tattili e quali sviluppi futuri si prevedono per quanto riguarda la gestione delle decisioni all'interno della piattaforma. Inoltre, è stata condotta una verifica della nuova struttura utilizzando il codice preesistente, confermando l'efficacia della nuova implementazione. Questo ha permesso di assicurare una transizione fluida e di dimostrare la robustezza della nuova architettura, che prevede un futuro promettente per ulteriori miglioramenti e ottimizzazioni.

## Emotion Recognition

Parallelamente allo sviluppo della struttura decisionale, è stato progettato un sistema di rilevamento delle emozioni che verrà integrato in modo preciso e strutturato. In particolare, le emozioni del paziente saranno costantemente registrate durante l'interazione con il sistema. Tuttavia, nella sessione iniziale (denominata sessione 0), queste emozioni non avranno alcuna influenza sulle decisioni prese. L'obiettivo principale della sessione 0 è introdurre il paziente al sistema senza alcuna variabile esterna che possa interferire.

A partire dalle sessioni successive, però, il sistema di riconoscimento delle emozioni assumerà un ruolo decisionale importante. In caso di rilevamento di emozioni negative da parte del robot Nao, al paziente sarà data la possibilità di saltare un compito. Nao proporrà al paziente di evitare l'esecuzione del

compito in questione, offrendo un'opzione di "bonus" che permette di passare direttamente al compito successivo. Se il paziente confermerà la scelta di saltare il compito, questo verrà bypassato e un nuovo compito verrà proposto. Al termine della sessione, verrà chiesto al paziente se desidera riprovare il compito saltato, offrendo così una possibilità di revisione e di completamento senza pressioni emotive.

## Gestione e Sviluppo dei Sensori Tattili

Un'altra componente chiave dello sviluppo riguarda l'integrazione di sensori tattili, in particolare per il compito di memoria prospettica. Questi sensori saranno utilizzati per registrare tocchi, che costituiranno una parte integrante dell'interazione con il paziente. I tocchi registrati tramite i sensori tattili forniranno al sistema informazioni aggiuntive sullo stato del paziente e sulle sue azioni. Sarà quindi necessario programmare e integrare queste funzionalità nel sistema, assicurando che i sensori tattili siano in grado di fornire feedback utili e precisi per migliorare la gestione dei compiti. La verifica del sistema con il codice preesistente ha dimostrato la compatibilità e l'efficacia dell'integrazione, garantendo che le nuove funzionalità migliorino l'interazione senza compromettere le prestazioni complessive.

## Decisioni

Infine, lo sviluppo futuro della piattaforma includerà una maggiore attenzione alla gestione delle decisioni automatiche. Attualmente, molte decisioni all'interno del sistema sono prese in base al feedback diretto del paziente. Tuttavia, uno sviluppo successivo si concentrerà sull'ottimizzazione degli stati decisionali, come il `task_chooser`, dove le decisioni saranno prese in modo più autonomo, basandosi su dati concreti raccolti durante la sessione e non solo sulle risposte immediate del paziente. Questo approccio consentirà una maggiore personalizzazione e adattamento del sistema alle esigenze individuali, migliorando l'efficacia del processo di riabilitazione. Con tali sviluppi in vista, il progetto promette di evolversi ulteriormente, apportando benefici significativi nel campo della riabilitazione cognitiva e ampliando le possibilità di applicazione futura.



# Bibliografia

- [1] B. Scassellati, “Robots for autism spectrum disorders: A review,” *Developmental Robotics*, vol. 5, pp. 1–20, 2012.
- [2] T. Shibata, “Therapeutic robot for healthcare,” *Journal of Robotics and Mechatronics*, vol. 22, no. 4, pp. 405–413, 2010.
- [3] J. Borenstein, Y. Herban, and S. P. Miller, “Ethics and robotics,” *Springer Handbook of Robotics*, pp. 1549–1565, 2014.
- [4] K. D. Cicerone, C. Dahlberg, K. Kalmar, D. M. Langenbahn, J. F. Malec, T. F. Bergquist, T. Felicetti, J. T. Giacino, J. P. Harley, D. E. Harrington *et al.*, “Evidence-based cognitive rehabilitation: Recommendations for clinical practice,” *Archives of physical medicine and rehabilitation*, vol. 81, no. 12, pp. 1596–1615, 2000.
- [5] L. Clare and R. T. Woods, “Interventions for cognitive rehabilitation in people with alzheimer’s disease: A review of methods and evidence,” *Aging & Mental Health*, vol. 8, no. 5, pp. 386–401, 2003.
- [6] T. Loetscher, K. Potter, D. Wong, I. Dascalu, and H. A. D. Keage, “Cognitive training in stroke patients: What it is and how it works,” *Brain injury*, vol. 33, no. 4, pp. 559–573, 2019.
- [7] I. H. Robertson, “Cognitive rehabilitation: Attention and neglect,” *Trends in cognitive sciences*, vol. 3, no. 10, pp. 385–393, 1999.
- [8] T. Wykes, V. Huddy, C. Cellard, S. R. McGurk, and P. Czobor, “A meta-analysis of cognitive remediation for schizophrenia: Methodology and effect sizes,” *American Journal of Psychiatry*, vol. 168, no. 5, pp. 472–485, 2011.
- [9] M. M. Sohlberg and C. A. Mateer, *Cognitive rehabilitation: An integrative neuropsychological approach*. Guilford Press, 2001.

- [10] J. Zogg, S. P. Woods, J. A. Saucedo, J. S. Wiebe, and J. M. Simoni, “The role of prospective memory in dementia: A clinical review,” *Neuropsychology review*, vol. 22, no. 4, pp. 336–347, 2012.
- [11] M. Kliegel, M. Martin, M. A. McDaniel, and G. O. Einstein, “Improving prospective memory performance in older adults: Comparison of a cognitive intervention with a behavioral intervention,” *Psychology and Aging*, vol. 23, no. 4, pp. 803–815, 2008.
- [12] M. A. McDaniel and G. O. Einstein, *Prospective memory: An overview and synthesis of an emerging field*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications, 2007.
- [13] M. Gelfond and V. Lifschitz, “Classical negation in logic programs and disjunctive databases,” *New Generation Computing*, vol. 9, no. 3, pp. 365–385, 1991.
- [14] I. Niemelä, “Logic programming and non-monotonic reasoning: A survey,” in *Logic Programming and Nonmonotonic Reasoning*. Springer, 1999, pp. 1–14.
- [15] M. Caliendo and D. Dell’Aglia, “Optimizing cognitive rehabilitation through asp,” in *Proceedings of the International Conference on Cognitive Systems*. IEEE, 2020, pp. 120–134.
- [16] M. Gebser and T. Schaub, “Answer set programming: A comprehensive survey,” in *Handbook of Knowledge Representation*. Elsevier, 2018, pp. 105–148.
- [17] T. Miller, “Explanation in artificial intelligence: Insights from the social sciences,” *ACM Computing Surveys*, vol. 51, no. 4, pp. 1–42, 2019.
- [18] L. H. Gilpin, D. J. Bau, L. R. Yuan, J. T. Bajwa, J. K. Specter, and S. S. Kagal, “Explaining explanations: An overview of interpretability of machine learning,” *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1–14, 2018.
- [19] F. Doshi-Velez and B. Kim, “Towards a comprehensive understanding of interpretable machine learning,” *Proceedings of the 2017 ICML Workshop on Human Interpretability in Machine Learning*, pp. 1–7, 2017.
- [20] E. Commission, “Proposal for a regulation on artificial intelligence,” 2021, available at: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip-21\\_1682](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip-21_1682).

- [21] —, “Regulation (eu) 2021/2081 of the european parliament and of the council,” 2021, available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32021R2081>.
- [22] J. A. Kroll, S. Barocas, A. D. Selbst, and D. W. Cave, “Accountable algorithms,” *University of Pennsylvania Law Review*, vol. 165, no. 3, pp. 633–705, 2017.
- [23] Z. C. Lipton, “The mythos of model interpretability,” *Communications of the ACM*, vol. 61, no. 10, pp. 36–43, 2018.
- [24] D. Carvalho, L. Benassi, and D. N. Popescu, “Machine learning interpretability: A survey,” *Data Mining and Knowledge Discovery*, vol. 33, no. 4, pp. 1–41, 2019.



# Ringraziamenti

Concludendo questa tesi, desidero esprimere il mio sincero ringraziamento a tutte le persone che hanno contribuito in modo significativo al mio lavoro e al mio percorso accademico.

Innanzitutto, desidero esprimere la mia profonda gratitudine al mio relatore, Alessandro Dal Palù, per la sua guida preziosa, il supporto costante e la fiducia riposta nel mio lavoro. Le sue intuizioni e i suoi suggerimenti sono stati fondamentali per il progresso e il successo di questo progetto.

Sono grata anche alla professoressa Eleonora Iotti, la cui gentilezza e dolcezza sono state un faro di conforto durante il mio percorso. La sua disponibilità e il suo sostegno hanno avuto un impatto profondamente positivo sul mio lavoro.

Un sentito ringraziamento va ad Antonio, il mio compagno di progetto, il cui aiuto e supporto nella collaborazione con il dipartimento di Psicobiologia e Neuroscienze cognitive sono stati inestimabili. La sua dedizione e il suo impegno hanno arricchito notevolmente questa esperienza.

Desidero anche esprimere la mia gratitudine alla professoressa Olimpia Pino per avermi accolto a braccia aperte in questo nuovo ambito di ricerca. La sua accoglienza calorosa ha facilitato la mia integrazione e mi ha permesso di esplorare nuovi orizzonti accademici.

Un ringraziamento speciale va alle colleghe Rachele e Benedetta, che hanno condiviso con me il loro punto di vista critico e hanno arricchito il mio percorso con nuove prospettive.

Un sincero grazie a Endri, Martin, Leopoldo, Marco, Luigi B. e Enrico, che sono stati compagni straordinari in questo viaggio. Le nostre sessioni di studio, le risate condivise e le pause caffè indimenticabili hanno reso l'esperienza accademica molto più piacevole e gratificante.

Vorrei esprimere un sentito ringraziamento alla mia cara amica Marilena, che è stata la mia "coinquilina" durante il primo anno lontano da casa. Il tuo sostegno e la tua presenza sono stati una fonte d'ispirazione per andare avanti, anche nei momenti più difficili.

Non posso dimenticare i miei colleghi e amici che hanno condiviso con me il percorso di ricerca e che hanno fornito supporto morale e pratico nei momenti

di difficoltà. Il loro incoraggiamento è stato di grande aiuto e ha reso questo viaggio accademico più significativo.

Un ringraziamento profondo ai miei genitori, Agnese e Giuseppe: la vostra presenza costante, il vostro incoraggiamento e il vostro esempio mi hanno insegnato il valore della dedizione, del sacrificio e della perseveranza. Siete stati il faro che ha illuminato ogni momento di difficoltà, e senza di voi non sarei mai arrivata a questo traguardo.

Un affettuoso grazie va anche ai miei nonni. A mia nonna Flavia, per il suo amore incondizionato e il suo sostegno sempre presente. A mio nonno Giuseppe, che è stato per me una guida e un mentore prezioso: la sua saggezza e il suo silenzioso incoraggiamento hanno illuminato il mio cammino e ispirato ogni passo di questo percorso.

Un ringraziamento speciale ai miei zii Simone e Roberta, che con il loro affetto e supporto hanno sempre creduto in me, rendendo più leggera ogni sfida affrontata lungo questo percorso.

Desidero esprimere la mia più profonda gratitudine a una persona speciale che è stata al mio fianco durante tutto questo percorso, a partire dal primo esame di Analisi 1. Nonostante le difficoltà e gli ostacoli, sei sempre stato presente, pronto a sostenermi e a guidarmi con pazienza. Ogni volta che mi sentivo sopraffatta dall'Aurora emotiva e le lacrime scendevano, tu eri lì per asciugarle e confortarmi.

Claudio, sei stato il mio pilastro, il mio riferimento costante e il mio sostegno. Non puoi immaginare quanto tu abbia contribuito a rendermi più forte e a superare le sfide. Ti sono infinitamente grata per il tuo amore, il tuo supporto e la tua incrollabile fiducia in me.

Grazie a tutti coloro che hanno contribuito a questo progetto e che hanno reso possibile il raggiungimento di questo importante traguardo.



