



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

Università degli Studi di Padova

Dipartimento di Studi Linguistici e Letterari

Corso di Laurea Triennale Interclasse in
Lingue, Letterature e Mediazione culturale (LTLLM)
Classe LT-12

Tesina di Laurea

Large Language Models, linguaggio umano e acquisizione: un confronto.

Relatore
Prof. Jacopo Garzonio

Laureando
Alessia Forcato
n° matr.2055587 / LTLLM

Anno Accademico 2023 / 2024

Introducción

La presente tesis tiene el objetivo de ilustrar una general comparación entre el aprendizaje lingüístico de los Large Languages Models y el aprendizaje del ser humano. Empezaremos en el primer capítulo, denominado Fondamenti teorici, esto de trata de explicar el funcionamiento de ellos. Habrá definiciones por lo que se refiere a los argumentos y términos más técnicos y por su puesto una definición de lo que son los Large Language Models. Lo que más importa aprender en este capítulo es cómo funcionan, es decir que utilizan database contenientes una gran cantidad de input. Gracias al input producen outputs probabilísticos que no siempre son veros y fiables. Hablaremos de ChatGPT, su nacimiento y sus evoluciones con algunos ejemplos de cómo funciona la conversación. El segundo capítulo está organizado con una explicación inicial que define el aprendizaje de los Large Language Models de una manera más detallada. También se explicarán y analizarán las ventajas y desventajas de la utilización de los modelos de lenguaje de gran tamaño. Por fin llega la parte de lingüística general en el tercer capítulo, el lenguaje humano entendido primero como un fenómeno biológico y después como argumento de la lingüística. Es un fenómeno humano que tiene muchas complicidades y la lingüística se ocupa de su estudio, estudiarlo de una manera científica. Es importante decir cuáles son las características típicas del lenguaje humano (dualidad del patrón, productividad, desplazamiento en el espacio) porque nos servirán para la comparación final con el lenguaje de las máquinas. El capítulo sigue con el concepto de gramática y algunas descripciones del léxico. Termina con una descripción de las fases de aprendizaje de los niños según el pasar de los meses. Hasta aquí vimos todo lo necesario para aprender lo básico de los Large Language Models y del lenguaje humano, por lo tanto, ahora podemos bien entender la comparación entre los dos sistemas de aprendizaje. El capítulo cuatro explica por fin el tema principal de la tesis, es decir, la comparación. Antes de explicarla pensé que fuera necesario introducir lo que son las varias teorías de aprendizaje humano como la teoría de Skinner, la teoría de Chomsky, la teoría de Jean Piaget y por fin la teoría de Bruner. Es importante aquí entender muy bien la de Chomsky porque el capítulo siguiente va a hablar de él y de su pensamiento. A continuación del capítulo cuatro podemos leer diferencias y similitudes entre los dos sistemas de aprendizaje y de lenguaje, lo que más se destaca entre las diferencias es la presencia de una característica típica solamente del ser

humano, es decir, la capacidad natural de aprender una lengua. El último capítulo examina las críticas y las reflexiones sobre el tema de la tesis con particular atención a la crítica reciente del lingüista Noam Chomsky. Su crítica es básicamente ligada a una cuestión ética y moral. Noam Chomsky afirma que la utilización de los Large Language Models como por ejemplo ChatGPT puede ser algo dañoso por nuestra criticidad y nuestra inteligencia. Él afirma también que la inteligencia es algo que existe solamente en campo humano, define esta como una capacidad de comprensión total y de reflexión, algo que no existe en las máquinas. Es decir que todas las capacidades que son abstractas existen solamente en el ser humano y que las máquinas nunca podrán ser al mismo nivel. Seguirán las conclusiones con algunas reflexiones por lo que se refiere al futuro de los Large Language Models y de cómo van a evolucionar y si esto puede ser algo bueno para la sociedad y para nuestra vida.

Ringraziamenti

Ringrazio il Professore e relatore Garzonio Jacopo, il quale, dopo aver preso l'incarico di guidarmi nella stesura del seguente elaborato, è sempre stato disponibile.

Un grazie ai miei genitori per il supporto e per non avermi mai pressata, grazie a tutta la mia famiglia.

Grazie a tutte le mie amiche e i miei amici nei quali ho sempre trovato un appoggio nei periodi più critici.

Indice

1	Fondamenti teorici	1
1.1	Concetti teorici relativi ai large language models	1
1.1.1	Large Language Models	2
1.1.2	Il funzionamento dei llm	2
1.1.3	Modelli LLMs	3
1.2	Usi attuali: ChatGPT	4
2	Apprendimento large language model (LLM)	7
2.1	Vantaggi dei LLM	9
2.2	Svantaggi dei LLM	10
3	Linguaggio umano	13
3.1	Caratteristiche	13
3.1.1	Discreto	14
3.1.2	Doppia articolazione	14
3.1.3	Ricorsività	14
3.1.4	Dipendenza dalla struttura	15
3.2	Concetto di grammaticalità	15
3.3	Il lessico	16
3.4	Acquisizione del linguaggio umano	17
3.4.1	Studi iniziali	18
3.4.2	Fasi	18
3.5	Modello di Wernicke-Geschwind	19
4	Confronto	21
4.1	Teorie dell'apprendimento	21
4.2	Differenze e somiglianze	23

5 Critiche e riflessioni	25
5.1 Noam Chomsky	26
5.1.1 Critica ai LLM	26
Bibliografia	29

Elenco delle figure

1.1 Architettura in strati	3
1.2 Esempio di traduzione dall'italiano allo spagnolo	6
1.3 Esempio di una conversazione	6
3.1 Wernicke-Geschwind	20
5.1 Elaborazione	28

Capitolo 1

Fondamenti teorici

Questo capitolo cercherà di esporre alcune nozioni di base per poter comprendere gli aspetti essenziali relativi ai Large Language Models (LLMs), ovvero grandi modelli di linguaggio. Innanzitutto, è bene definire ^[1.1] il termine intelligenza artificiale, il quale venne utilizzato per la prima volta nel 1956 durante il seminario di Dartmouth nel quale venne deciso in modo unanime dalla comunità scientifica di fondare questa disciplina. Possiamo dire che tutto ciò che prevede lo studio dell'intelligenza artificiale (IA) è a pieno una disciplina moderna che appartiene all'informatica, questa si occupa di studiare tutto ciò che permette di progettare sistemi hardware e software (nei sistemi hardware viene impiegata per sviluppare dispositivi sempre più potenti; nei sistemi software ha un ruolo cruciale nello sviluppo di applicazioni sempre più sofisticate). L'IA si pone inoltre un obiettivo ovvero quello di riprodurre o imitare l'intelligenza umana posto che determinate (alcune) azioni dell'intelligenza umana possono, senza alcun impedimento, essere replicate da una macchina. Determinate azioni umane imitate dalla macchina possono essere replicate in modo quantitativo superiore alle prestazioni umane ed anche dal punto di vista qualitativo esse possono risultare equivalenti.

1.1 Concetti teorici relativi ai large language models

Intorno agli anni '50 e successivamente il concetto che i software e le macchine potessero replicare l'intelligenza umana, anche chiamato intelligenza artificiale, si è sviluppato sempre di più. L'intelligenza artificiale diventa quindi quotidianità come possiamo vedere con gli smartphone, utilizzati oramai ogni giorno da chiunque.

^{1.1}M. Somalvico, Intelligenza artificiale, Politecnico di Milano [22]

1.1.1 Large Language Models

Innanzitutto, è fondamentale definire cosa si intende per Large Language Models; essi sono modelli linguistici ad alta capacità che utilizzano l'apprendimento automatico per elaborare e comprendere il linguaggio umano. Questi modelli sono in grado di generare testi coerenti e pertinenti, rispondendo a domande, completando frasi e svolgendo una vasta gamma di compiti linguistici con un livello sorprendente di precisione e naturalezza. Proviamo a scomporre il termine stesso nelle sue tre componenti:

- **Large:** aggettivo fondamentale che sta ad indicare che il modello è stato addestrato su enormi quantità di dati, tecnicamente potremmo dire su più di un petabyte di dati (petabyte è multiplo di byte e corrisponde a un biliardo di byte);
- **Language:** si riferisce al linguaggio umano il quale viene riprodotto da questi modelli;
- **Models:** vengono utilizzati per ricreare dei modelli sulla base di dati.

L'avvento dei Large Language Models (LLMs) ha segnato un momento di svolta nell'ambito dell'elaborazione del linguaggio naturale (NLP, natural language processing), aprendo nuove prospettive e sfide nel campo dell'informatica e dell'intelligenza artificiale. Per comprendere a pieno il fenomeno dei Large Language Models, è essenziale esplorare i concetti teorici che ne sottendono la creazione e il funzionamento. Vengono addestrati su enormi quantità di testo che provengono da Internet, quantità di testo che includono libri, trascrizioni di video e articoli ad esempio.

1.1.2 Il funzionamento dei llm

Per una maggiore consapevolezza del funzionamento dei Large Language Models, è cruciale esaminare l'architettura alla base di tali sistemi. Uno dei design architetturali più utilizzati per la creazione di Large Language Models è l'architettura del trasformatore o Transformer. Questa fondamentale architettura si basa sul meccanismo di attenzione, consentendo al modello di considerare contemporaneamente tutte le parole in una frase durante il processo di elaborazione. Ciò consente ai Large Language Models di catturare le relazioni semantiche complesse e di produrre output linguistici di alta qualità. Questi output sono generati partendo dagli input che vengono forniti al modello, per input si intende enormi quantità di dati di testo che concorrono a formare ciò che viene chiamato dataset, il quale viene utilizzato per addestrare il modello, ma di questo parleremo in maniera più esaustiva successivamente. Potremmo ulteriormente approfondire sulla natura e le potenzialità dei Large Language Models, come questi modelli abbiano raggiunto livelli di prestazioni senza precedenti grazie all'impiego di enormi dataset e all'avanzamento delle tecniche di addestramento. Il deep learning fa parte del machine learning che

è una rete neurale con tre o più livelli, le quali cercano di funzionare come il cervello umano. È possibile trovare il deep learning, che potremmo quindi definire sottoinsieme del machine learning, dietro molte cose della nostra quotidianità come gli assistenti virtuali, i telecomandi vocali ed è importante per le tecnologie di tipo emergente come, ad esempio, automobili a guida autonoma. L'uso di tecnologie come il deep learning ha permesso ai Large Language Models di superare i limiti precedenti dell'elaborazione del linguaggio naturale, aprendo nuove prospettive nell'interazione uomo-macchina e nella comprensione automatizzata del testo.

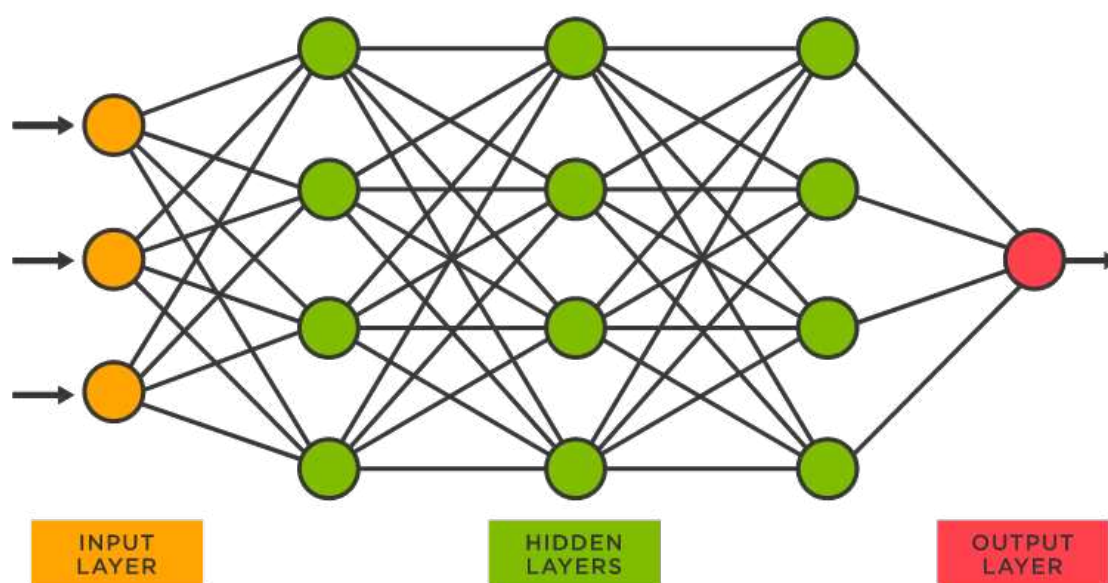


Figura 1.1: Architettura in strati

1.1.3 Modelli LLMs

Ci sono diversi tipi di modelli linguistici che variano in base al loro metodo di formazione. Alcuni di questi tipi includono:

- **Modelli zero-shot:** questi modelli possono eseguire compiti senza essere addestrati su esempi specifici. Essi imparano da dati contestuali e possono eseguire una vasta gamma di compiti senza formazione specifica. Per esempio, un modello di traduzione zero-shot può tradurre testo tra lingue diverse anche senza aver visto esempi di traduzione specifici.
- **Modelli ottimizzati o specifici del dominio:** sono dei modelli che ricevono una formazione aggiuntiva su set di dati specifici in modo da migliorare le loro prestazioni su una determinata attività o applicazione. Ad esempio, un modello può essere addestrato utilizzando dei dati di assistenza clienti per migliorare le sue capacità per il servizio clienti.

- Modelli di rappresentazione del linguaggio: questi modelli sono progettati per comprendere e generare linguaggio, sono utili per l'elaborazione del linguaggio naturale (NLP natural language processing). Sono ottimizzati per cogliere sfumature linguistiche come contesto e sintassi.
- Modelli multimodali: modelli che possono elaborare informazioni da diverse modalità come immagini, audio, video o testo. Possono trattare queste modalità sia come input (quello che l'utente fornisce per generare una risposta da parte del modello) sia come output (quindi ciò che il modello restituisce in risposta all'utente previa richiesta).

Tutti i grandi modelli di linguaggio fanno parte dell'intelligenza artificiale generativa, essa è una categoria di intelligenza artificiale che al suo interno contiene modelli multimodali che sono capaci di realizzare contenuti nuovi. In sintesi, i Large Language Models rappresentano una tappa significativa nell'evoluzione dell'elaborazione del linguaggio naturale, combinando capacità di elaborazione avanzate con un'architettura sofisticata basata su principi di apprendimento automatico. Il loro impatto si estende a diversi settori, dalla traduzione automatica alla generazione di contenuti, con possibili implicazioni su scala globale.

1.2 Usi attuali: ChatGPT

Grazie alle immense quantità di dati sulle quali questi modelli vengono addestrati, essi sono progettati, oltre che per creare contenuti in modo simile all'essere umano, anche per dare origine a testo. Vengono utilizzati per svolgere tutte quelle attività e azioni che normalmente potrebbero richiedere una grande quantità di tempo agli esseri umani, ad esempio generare testi, tradurre, sintetizzare o rielaborare contenuti e così via. È possibile utilizzare e interagire con i Large Language Models attraverso delle piattaforme dedicate a intelligenza artificiale conversazionale la quale consente agli utenti di porre domande e inserire qualsiasi tipologia di comando che possa compiere con le richieste. È importante sottolineare che questi non devono essere considerati sostituti degli esseri umani, al contrario, vengono utilizzati per aumentare e accelerare la produttività degli umani e quindi aiutandoli. Di questo parleremo meglio nel capitolo successivo dove si parlerà di vantaggi e svantaggi. Nel concreto questi modelli di linguaggio costituiscono moltissimi casi di utilizzo in diverse aree di competenza. Sono efficaci nella produzione di contenuti, automatizzano la creazione di articoli per blog, materiale di marketing o di vendita e altre forme di scrittura. Nel campo della ricerca e dell'ambiente accademico, aiutano a riepilogare ed estrarre informazioni da grandi dataset, accelerando la scoperta della conoscenza. Contribuiscono anche alla traduzione linguistica, superando le barriere linguistiche con traduzioni precise e pertinenti al contesto di riferimento. Possono persino essere utilizzati per scrivere

codici o "tradurre" tra i diversi linguaggi di programmazione. Favoriscono l'accessibilità assistendo le persone con disabilità, prevendo applicazioni di "text to speech" e generando contenuti in formati accessibili. Dai settori sanitario e finanziario, i LLM stanno rivoluzionando i processi semplificando le procedure, migliorando l'esperienza del cliente e facilitando una presa decisionale più efficiente e basata sui dati. Uno dei più notevoli esempi specifici di applicazione pratica dei Large Language Models è rappresentato da ChatGPT, un sistema di conversazione basato su modelli di linguaggio sviluppato da OpenAI. OpenAI è un ente non-profit nato nel 2015 a San Francisco, idea di un investitore della Silicon Valley ed Elon Musk, con l'obiettivo di garantire e conferire eticità e sicurezza all'intelligenza artificiale. Nel tempo qualcosa è cambiato, nel 2019 venne fondata OpenAI LP, società a scopo di lucro limitata. Nel novembre del 2022 OpenAI ha rilasciato ChatGPT, dove GPT sta per Generative Pre-trained Transformer. ChatGPT sfrutta le capacità di predizione e generative dei Large Language Models per interagire con gli utenti in modo naturale e in modo da renderli coinvolti nella conversazione. Dopo aver ricevuto l'input da parte dell'utente in ChatGPT, vengono applicati algoritmi per apprendere in maniera automatica a una vasta quantità di testo per generare una risposta simile a quella umana. ChatGPT si basa su un'architettura basata su reti neurali chiamata architettura del Transformer, par. 1.1.2. I set di dati provenienti da siti web, libri e articoli vengono utilizzati per addestrare il modello sulla struttura del linguaggio. Il modello impara a predire la parola successiva in base a quella precedente. Una volta addestrato, il modello può generare nuovo testo prevedendo la parola successiva in una frase, con un determinato prompt o contesto. Il processo viene ripetuto fino a quando il modello ha generato una frase completa o il numero di parole richiesto. Il modello utilizza anche un meccanismo di attenzione durante la generazione di testo. Il meccanismo consente un focus selettivo su determinate parti dell'input per risposte più accurate e coerenti. Quando si utilizza ChatGPT per l'intelligenza artificiale conversazionale, il modello viene tipicamente affinato su un dataset più piccolo di testo conversazionale per migliorare ulteriormente la sua capacità di generare risposte simili a quelle umane. Le potenzialità di ChatGPT sono ampie e variegate. Il sistema può essere impiegato per assistenza virtuale, supporto al cliente, generazione di contenuti e molto altro ancora. Grazie alla sua capacità di comprendere e generare linguaggio umano coerente, ChatGPT è in grado di fornire risposte accurate e personalizzate alle domande degli utenti, contribuendo a migliorare l'esperienza di interazione online. Un aspetto particolarmente interessante di ChatGPT è la sua capacità di apprendere e adattarsi attraverso l'interazione con gli utenti. Utilizzando tecniche di apprendimento continuo, il sistema può migliorare le proprie prestazioni nel tempo, affinando le sue risposte in base ai riscontri ricevuti dagli utenti. Ciò rende ChatGPT un'istanza esemplare di come i Large Language Models possano essere impiegati in contesti reali per migliorare l'efficienza e l'efficacia delle interazioni umane-macchina. In conclusione, l'uso di ChatGPT rappresenta un esempio tangibile dell'applicazione pratica

dei Large Language Models nel contesto delle interazioni umane-macchina. La sua capacità di comprendere e generare linguaggio naturale lo rende un prezioso strumento in una varietà di contesti, aprendo nuove opportunità per l'automazione delle comunicazioni e il miglioramento dell'esperienza dell'utente. È bene sottolineare il fatto che ciò che rende ChatGPT un sistema di semplice utilizzo e a disposizione di chiunque, sta appunto nella sua accessibilità; infatti, è sufficiente accedere a internet e digitare ChatGPT per poter iniziare a sperimentare con questo modello. Non tutti i modelli linguistici sono accessibili a qualsiasi utente, esistono infatti alcuni modelli la cui proprietà è di una società che ne potrebbe limitare l'utilizzazione solo ed esclusivamente ai clienti. Tra loro possiamo citare Google Gemini rilasciato a dicembre 2023 di proprietà di Google nato con il presupposto di voler superare le capacità di ChatGPT (OpenAI).

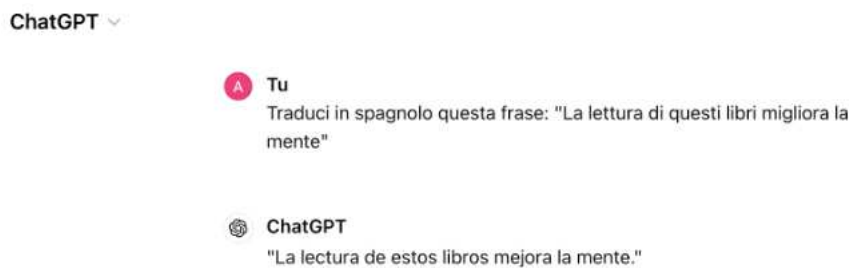


Figura 1.2: Esempio di traduzione dall'italiano allo spagnolo

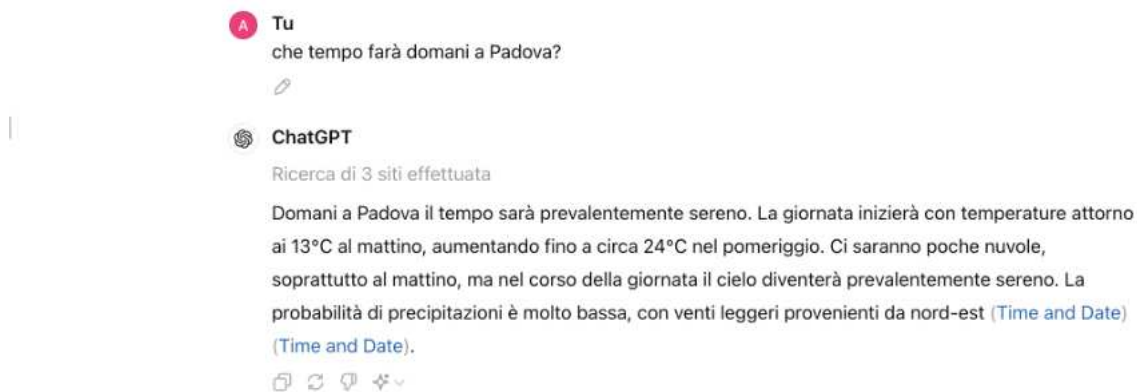


Figura 1.3: Esempio di una conversazione

Capitolo 2

Apprendimento large language model (LLM)

Le abilità linguistiche dei modelli di linguaggio di grandi dimensioni (LLM) sono migliorate al punto da sembrare in grado di concorrere con la competenza linguistica umana. Questi modelli rappresentano un significativo passo avanti nel campo dell'intelligenza artificiale, inaugurando una nuova era in cui le macchine comprendono e interagiscono con il linguaggio umano. Sviluppati attraverso tecniche avanzate di apprendimento automatico, gli LLM analizzano vasti set di dati per emulare la generazione, la traduzione e altre operazioni linguistiche in modo simile a quello umano. Esaminiamo da vicino come gli LLM apprendono e producono il linguaggio, evidenziando le differenze rispetto al modo in cui lo fanno gli esseri umani. Inoltre, proponiamo le applicazioni linguistiche più adatte per questi modelli. Il passaggio degli LLM dai laboratori di ricerca alle applicazioni pratiche dimostra il loro potenziale trasformativo in diversi settori. Con il loro sviluppo continuo, gli LLM promettono di ridefinire il modo in cui interagiamo con la tecnologia, rendendo le interazioni digitali più intuitive e personalizzate. Questo capitolo esplorerà l'essenza, il funzionamento, le applicazioni degli LLM, insieme alle loro implicazioni più ampie.

È stato riferito da OpenAI, nel marzo 2023, che il suo modello GPT-4 (modello più avanzato di GPT) ha superato più del 90% dei partecipanti al test di lettura e scrittura del SAT (test attitudinale degli Stati Uniti sostenuto dai liceali per continuare gli studi). Se da un lato il risultato ottenuto dalla rete neurale supera l'umano in compiti legati al linguaggio, dall'altro è bene tenere presente che un LLM è stato addestrato da trilioni di frasi provenienti dal Web, mentre gli studenti utilizzano una frazione dei dati utilizzati da un LLM. Perché esseri umani necessitano di così pochi dati di addestramento mentre gli LLM devono elaborare vasti corpora linguistici per ottenere una competenza linguistica comparabile? La risposta è ovvia: LLM ed esseri umani apprendono il linguaggio in maniera differente.

Come detto nel capitolo precedente i modelli di linguaggio di grandi dimensioni operano utilizzando un'architettura di rete neurale chiamata Transformer, che permette loro di elaborare e generare testo in maniera non lineare. Questa struttura consente agli LLM di prendere in considerazione l'intero contesto di una frase o di un documento, creando connessioni e previsioni rilevanti a livello contestuale. Sono addestrati su vasti insiemi di dati provenienti da fonti diverse, che permettono loro di apprendere una grande varietà di modelli, stili e informazioni linguistiche. Essi necessitano di un processo di addestramento e ottimizzazione prima di poter produrre risultati affidabili, nonostante le loro varie limitazioni che vedremo a fine capitolo.

Analizziamo le fasi di addestramento e messa a punto:

- Definizione dell'obiettivo/scopo: è fondamentale stabilire un caso d'uso specifico per l'LLM, poiché l'obiettivo influenzerà la selezione delle fonti dati. L'obiettivo e il caso d'uso possono mutare man mano che il modello viene addestrato e affinato;
- Pre-formazione: il LLM richiede un set di dati esteso e diversificato. È necessario raccogliere e pulire i dati per far sì che siano pronti per l'uso. Durante questa fase il modello apprende i modelli linguistici generali;
- Tokenizzazione: questo processo suddivide il testo in unità più piccole, come parole o token, permettendo all'LLM di comprendere frasi, paragrafi e documenti. Un esempio di tokenizzazione: la parola inglese "unwanted" può essere suddivisa in "un", "want", e "ed". Ciò facilita l'apprendimento del contesto da parte del modello, grazie all'architettura dei trasformatori che utilizza reti neurali per analizzare dati sequenziali. Dal punto di vista di un linguista questa potrebbe sembrare un'analisi morfologica e lo è a tutti gli effetti. Vediamo un altro esempio con la parola "incongruenza" in cui ci sono tre morfemi: prefisso "in-" che indica la negazione, "congruente" radice e infine "-enza^{2.1}" suffisso derivativo di nomi astratti tratti da verbi;
- Selezione dell'infrastruttura: addestrare un LLM richiede risorse computazionali significative, come un computer potente o un server basato su cloud. Questi requisiti potrebbero limitare la capacità delle organizzazioni di sviluppare il proprio LLM;
- Formazione: durante questa fase, si impostano i parametri del processo di addestramento, come la dimensione del batch (batch size ovvero il numero di campioni di dati che un modello di intelligenza artificiale elabora insieme in una volta sola durante il processo di addestramento) e la velocità di apprendimento;
- Messa a punto: l'addestramento è un processo iterativo. Si presentano dati al modello, si valuta l'output e si regolano i parametri per migliorare i risultati e affinare il modello.

^{2.1}Treccani [23]

La loro competenza linguistica è appresa dalle statistiche dei dati di addestramento, le reti neurali che devono apprendere, affinché possano avvicinarsi alla stessa efficienza di un bambino devono essere arricchite con strutture non banali. Il linguaggio viene generato in modo lineare, cioè prevedono il token successivo più probabile all'interno di una frase. Vediamo un esempio per capire meglio questo concetto. Consideriamo queste due frasi in lingua inglese, la prima è una frase corretta mentre la seconda è errata.

- (1.) This is the girl that James met yesterday and will talk to tomorrow.
- (2.) *This is the girl that James met yesterday and will talk to you tomorrow.

I parlanti inglesi definiscono la seconda frase incorretta ma se chiediamo a ChatGPT 3.5 quale delle due sia la frase corretta risponderà essere la seconda. Questo accade perché il modello pensa che il token “talk to” sia automaticamente seguito dal token “you” al posto del token “tomorrow”. I bambini inglesi definiscono la prima frase corretta nonostante dispongano di un'esposizione a determinati esempi limitata. La non grammaticalità della seconda frase dipende dal fatto che il complementatore C può coordinare solo due relative dello stesso tipo mentre nell'esempio le relative sono una oggetto e l'altra soggetto.

2.1 Vantaggi dei LLM

Per coloro che utilizzano quotidianamente i grandi modelli di linguaggio, essi presentano svariati vantaggi che li rendono strumenti preziosi per vari settori. Esploriamo i benefici che gli LLM possono offrire:

- **Precisione:** generalmente forniscono risposte molto accurate a diverse domande e richieste;
- **Miglioramento continuo:** grazie alla loro progettazione, i grandi modelli di linguaggio diventano più precisi e possono essere utilizzati in nuovi casi d'uso a poco a poco che vengono allenati e utilizzati più frequentemente;
- **Ampia gamma di applicazioni:** gli LLM possono portare innovazioni in molti campi, tra cui e-commerce (per personalizzare le esperienze dei clienti), istruzione (capacità di originare bozze di contenuti didattici), finanza (utilizzati per conoscere le frodi), marketing, sanità (pubblicità), risorse umane (possono risultare utili per analizzare documenti come curriculum vitae o lettere di presentazione).
- **Estendibilità:** permettono alle organizzazioni di adattare ed evolvere le loro applicazioni secondo le esigenze. Gli LLM facilitano agli sviluppatori l'aggiornamento delle applicazioni con nuove caratteristiche e funzionalità;

- **Facilità di formazione:** formare e mettere a punto un LLM è relativamente semplice, mettendo per certo che un'organizzazione abbia le risorse adeguate;
- **Flessibilità:** uno specifico LLM può essere utilizzato per distinte attività o casi d'uso all'interno di un'organizzazione;
- **Prestazioni:** sono in grado di rispondere in tempi molto brevi;
- **Apprendimento rapido:** gli LLM possono apprendere in maniera rapida dai dati di input e con l'utilizzo migliorarne le loro prestazioni.

Concludiamo specificando che per massimizzare i benefici offerti da questi modelli è essenziale affrontare ed essere in grado di gestire con attenzione le sfide e le limitazioni che accompagnano il loro utilizzo, lo vedremo nel paragrafo successivo.

2.2 Svantaggi dei LLM

Passiamo ora ad esplorare le principali sfide e limitazioni legate all'uso dei grandi modelli di linguaggio. Nonostante le loro impressionanti capacità sopra illustrate, questi modelli presentano diverse criticità che devono essere considerate sia dai professionisti del settore che dai ricercatori. Analizzeremo le problematiche di tipo tecnico ma ci soffermeremo sulle spinosità di tipo etico e pratico, evidenziando delle aree in cui questi modelli devono ancora mettere a punto dei miglioramenti.

- **Bias (ovvero tendenza, distorsione):** gli LLM sono efficaci quanto lo sono i dati su cui sono stati addestrati, di conseguenza possono riflettere i bias presenti nei contenuti utilizzati per la loro formazione;
- **Costi operativi e di sviluppo:** mettiamo caso che una squadra voglia creare e mantenere un LLM privato, può costare milioni di euro ed è per questo motivo che la gran parte delle squadre si affidano ai modelli forniti da aziende come OpenAI, di cui abbiamo parlato in precedenza;
- **Token glitch:** un "token" può essere una parola e un "glitch" è un malfunzionamento; dunque, il token glitch si verifica quando viene causato un errore a causa di una combinazione di token facendo produrre quindi, un risultato erraneo;
- **Consenso:** un dibattito è in corso riguardo l'etica della formazione degli LLM, riguarda l'uso di dati senza il consenso degli utenti e alla possibilità che replichino opere, progetti o concetti protetti da diritto d'autore. ChatGPT, nell'aprile 2023, ha introdotto una

modalità in “incognito” che permette di non salvare le conversazioni degli utenti, tanto meno di utilizzarle per migliorare il modello. L’Italia, dopo l’implementazione di questa funzionalità, ha deciso di ripristinare l’accesso al modello;

- **Allucinazione:** questo fenomeno si verifica quando gli LLM generano contenuti inesatti. Questo accade quando i modelli sono addestrati su dati imperfetti o non dispongono delle capacità necessarie per intuire in maniera esatta la circostanza delle informazioni da cui i dati provengono.
Per fare un esempio di allucinazione, immaginiamo sottoporre una domanda al modello di linguaggio come “Chi ha inventato il cannocchiale?” se riceviamo una risposta come “Galileo Galilei” la risposta è chiaramente inesatta. Il modello ha inventato la risposta. Può accadere che si sia basato su dati imperfetti, che abbia interpretato male la domanda o le informazioni che ha trovato disponibili;
- **Sicurezza:** gli input che i LLM ricevono potrebbero essere anche dati personali, includendo anche conversazioni private, come sappiamo qualsiasi dato venga fornito può essere utilizzato in futuro. Se facciamo riferimento all’utilizzo di alcuni modelli linguistici in ambiti come la sanità questo comporterebbe l’esposizione di informazioni riservate e dati sensibili che porrebbero su un piano rischioso il singolo individuo;
- **Emissioni di gas serra:** non dimentichiamo di sottolineare quanto l’utilizzo di dispositivi elettronici comporta un impatto ambientale significativo a causa del consumo di energia, soprattutto i grandi centri dati che funzionano 24/7. Questo richiede un impegno verso fonti di energia rinnovabili.

Capitolo 3

Linguaggio umano

Il linguaggio umano è un fenomeno bio-culturale, reso biologicamente possibile dal cervello e dall'anatomia, condiviso all'interno di un gruppo di persone e tramandato con l'apprendimento^{3.1}. In questo capitolo ci addenteremo di più dal punto di vista della linguistica e andremo ad osservare da vicino il complesso fenomeno dell'acquisizione del linguaggio umano. Un processo attraverso il quale gli esseri umani imparano a comprendere e a produrre il linguaggio. Un interessante processo che ha catturato l'attenzione di linguisti, psicologi e neuroscienziati, in quanto sembra essere un fenomeno unico nella specie animale. Si tratta del prodotto di una funzione cognitiva con la convergenza di altre funzioni cognitive (percezione, attenzione, memoria e controllo). La linguistica è lo studio scientifico del linguaggio umano, essa si propone di formulare ipotesi sulla struttura del linguaggio, essendo una disciplina descrittiva lo scopo è quello di spiegare cosa viene detto dunque ha un fine conoscitivo^{3.2}. Come ogni disciplina ricorre a termini tecnici in modo da poter formulare ipotesi e osservazioni su fenomeni tali da poter essere ripetibili da altri studiosi e ricercatori. Partiremo prima con delle nozioni generali per poi addentrarci nella vera e propria acquisizione del linguaggio da parte del parlante nativo.

3.1 Caratteristiche

Distinguiamo prima di tutto le differenze tra linguaggio orale e linguaggio scritto:

- Linguaggio orale: viene sviluppato in età precoce e soprattutto in modo naturale;
- Linguaggio scritto: l'apprendimento avviene secondo dei processi definiti ed evolutivamente parlando è un'acquisizione relativamente recente.

^{3.1}E. A. Schultz, R. H. Lavenda, Antropologia culturale, Quarta edizione, Zanichelli, cap. 5. [20]

^{3.2}G. Graffi, G. Scalise, Le lingue e il linguaggio Introduzione alla linguistica, Terza edizione, il Mulino, cap. 1, par. 1 [7]

Il linguaggio va distinto dalla lingua, essa infatti è una facoltà astratta, è un prodotto storico e sociale che nasce, muta nel tempo e può anche morire^{3.3} se questa non viene più utilizzata o se non viene mai imparata (alcune lingue indigene). Vediamo quali sono le caratteristiche del linguaggio umano, facendo anche una piccola comparazione con altri tipi di linguaggio, quello animale ad esempio.

3.1.1 Discreto

La linguistica definisce il linguaggio umano discreto mentre descrive quello di alcuni tipi di linguaggio, come quello di diverse specie animali, continui. Altri linguaggi definiti discreti sono il linguaggio di programmazione, che utilizza un insieme finito di simboli e regole per formare un numero di espressioni potenzialmente infinito. Questo si applica anche al linguaggio umano che è formato da unità distinte, i fonemi [m] e [n] sono ben diversi tra loro: mano significa qualcosa di diverso da nano. Tra questi due fonemi non esistono elementi intermedi ma nel linguaggio continuo questo non avviene, per linguaggio continuo intendiamo per esempio i sistemi di comunicazione animale. In questa comunicazione i segnali non sono tra loro ben separati ma ci possono essere delle variazioni illimitate, come si può notare ascoltando il canto degli uccelli ad esempio. Oltre al linguaggio umano esistono anche altri tipi di linguaggio considerati discreti come il codice morse che utilizza puntini e linee combinati tra loro.

3.1.2 Doppia articolazione

Attraverso una base limitata di fonemi (unità senza significato) è possibile formare un numero quasi illimitato di parole (unità dotate di significante e significato), questa caratteristica viene chiamata doppia articolazione.

3.1.3 Ricorsività

Una volta capito questo concetto possiamo spiegare la ricorsività, ovvero la possibilità del linguaggio umano attraverso il quale si possono formare frasi di complessità e lunghezza illimitate. Facciamo un esempio:

- (1.) Mia madre sta dormendo.
- (2.) Mio fratello mi ha detto che mia madre sta dormendo.

La frase semplice (1) diventa frase dipendente all'interno della frase (2). Potenzialmente si potrebbe continuare inserendo frasi all'infinito in quanto il numero che potrebbe essere formato

^{3.3}V. Girotto M. Zorzi, Manuale di psicologia generale, il Mulino, cap. 12 [6]

da qualsiasi lingua naturale è infinito. Questo non accade nella lingua indigena Pirahã parlata dall'omonima tribù del Brasile, non esiste la possibilità di incassare una subordinata com'è stato fatto nell'esempio (2)^{3.4}; così come nel linguaggio animale la ricorsività non è una caratteristica esistente.

3.1.4 Dipendenza dalla struttura

Questa proprietà fa riferimento alla struttura sintattica della frase, all'interno di una frase vi è in un certo senso una gerarchia tra le singole parole o tra i sintagmi, cioè gruppi di parole. Il significato della frase, ovvero il senso di essa dipende dall'organizzazione della frase che non è una semplice successione di parole dove la forma delle parole dipende solo da quelle a loro adiacenti. La maggior parte delle volte la loro forma deriva da parole che possono essere fisicamente distanti all'interno della frase. Si parla di struttura grammaticale ben definita piuttosto che di successione lineare di parole. Facciamo un esempio per capire meglio.

(3.) La madre di Marco e Laura che dicono che dorma è sveglia.

Il verbo dormire è coniugato alla terza persona singolare, cioè si accorda con il nome madre che non è direttamente adiacente ad esso. Se ipotizzassimo una costruzione lineare il verbo dormire dovrebbe accordarsi con la terza persona plurale (Marco e Laura) ma il risultato sarebbe solamente una frase mal formata per il parlante nativo italiano e quindi agrammaticale come possiamo notare in (4).

(4.) *La madre di Marco e Laura che dicono che dormano è sveglia.

3.2 Concetto di grammaticalità

Con grammatica non si intende quella nozione scolastica che viene insegnata, essa è un concetto molto più ampio. Tutto ciò che rientra nel concetto di grammatica viene definito come conoscenza dei parlanti, la conoscenza di regole che governano la formazione della struttura delle frasi di una determinata lingua e l'utilizzo del linguaggio sin da bambini si intende. Il bambino è esposto dalla nascita ad esperienze, che non sono regole di linguaggio. Per esperienze si intende tutto ciò che sperimenta e succede intorno a lui, dall'input linguistico genitoriale e dei caregiver (coloro che si occupano della cura del neonato e bambino, stimolando quindi il suo sviluppo linguistico), all'esposizione al linguaggio corporale (ad esempio espressioni facciali) e tutte le attività sociali che comprendono anche la lettura di una storia o l'utilizzo di giochi

^{3.4}S. Zucchi, *Lingue e cultura dei Pirahã. Un problema per la grammatica universale?* pp. 2, 15

interattivi insieme ai familiari. Per essere in grado di parlare una lingua il parlante necessita varie competenze che formano quindi la grammatica del parlante, queste sono:

- Competenza fonologica:
il parlante riconosce i suoni della propria lingua;
- Competenza morfologica:
è la capacità di riconoscere le parole della propria lingua, di coniugare i verbi, di comporre parole complesse e sapendo fare tutto questo riconosce anche quali siano le forme sbagliate e le parole che non appartengono alla sua lingua nativa;
- Competenza sintattica:
saper comporre frasi e saperle trasformare da interrogative ad affermative, esclamative, negative ad esempio;
- Competenza semantica:
essere in grado di comprendere il significato delle parole, riconoscendo anche sinonimi e contrari (antonimia).

Le nozioni di questo paragrafo ci fanno capire che grammatica non è il volume scolastico ma l'insieme dei dati linguistici primari del bambino. Viene chiamata infatti grammatica "mentale", innata, l'insieme delle conoscenze implicite di un parlante che non necessitano di un'istruzione formale.

3.3 Il lessico

Il lessico viene diviso in lessico mentale (dei parlanti) e lessicografico, ovvero i dizionari ad opera dei lessicografi. L'insieme delle parole di una lingua viene memorizzato e immagazzinato per poter essere utilizzato nell'atto comunicativo; dunque, il parlante è anche in grado di saper utilizzare le parole in rapporto tra loro quindi comporre frasi. Un parlante colto durante la sua vita è in grado di assimilare circa 50 mila parole, nei dizionari si va dalle 90 mila alle 130 mila ^{3.5}. Il lessico mentale è un sistema di rappresentazioni mentali specifiche per ogni dominio, dove ciascun elemento rappresenta la forma degli stimoli di quel dominio. In senso più ampio, una "rappresentazione" è un'entità che sostituisce un altro oggetto, riflettendone solo alcuni aspetti senza essere una copia esatta. La neuropsicologia cognitiva (disciplina che analizza le funzioni cognitive in persone che hanno subito lesioni cerebrali o che manifestano deficit neurologici ^{3.6})

^{3.5}V. Girotto M. Zorzi, Manuale di psicologia generale, il Mulino, cap. 13

^{3.6}State of Mind, Neuropsicologia, "il Giornale delle Scienze Psicologiche"

fornisce evidenze sull'esistenza di un lessico mentale, distinguendone due tipi in funzione del dominio:

- Lessico fonologico: include le rappresentazioni fonologiche delle parole che una persona conosce, con una rappresentazione specifica per ogni forma fonologica;
- Lessico ortografico: include le rappresentazioni ortografiche delle parole conosciute da un individuo, con una rappresentazione distinta per ogni forma ortografica.

Così come si parla di lessico mentale il filosofo Jerry Fodor^{3.7} teorizza come sia strutturata la mente quindi la sua architettura, parla di tesi della modularità^{3.8}. Secondo questa tesi la mente sarebbe costituita da un determinato numero di sottoinsiemi discreti, ognuno di essi con le proprie caratteristiche. Organizzata come un coltellino svizzero la mente si suddivide in moduli tra questi c'è il modulo relativo al linguaggio. Tutto parte dallo stimolo che può essere un input sensoriale trasformato in modo rapido ad output. Un parlante che ascolta la frase (5) comprende i fonemi del segnale e li raggruppa in parole, stabilisce delle relazioni sintattiche tra loro e costruisce una rappresentazione semantica della frase.

(5.) Laura usa il cellulare durante il pranzo.

3.4 Acquisizione del linguaggio umano

Una volta capite le nozioni di base possiamo elaborare le varie tappe a cui i bambini sono sottoposti dalla nascita per imparare a parlare la propria lingua madre, con una piccola parentesi sulla seconda lingua. Come detto in precedenza il fenomeno dell'acquisizione del linguaggio è da sempre un tema complesso che ha sempre interessato filosofi e linguisti, il motivo? La maniera sorprendente con cui gli esseri umani imparino a parlare o meglio i bambini. La caratteristica che sorprende è il tempo, un tempo relativamente breve (qualche anno) in cui il bambino è in grado di padroneggiare la lingua madre. Per bambino si intende il neonato quindi ci si riferisce al linguaggio appreso prima di iniziare la scuola. Abbiamo già parlato degli stimoli ai quali i bambini sono esposti ma non ancora specificato che tali stimoli possono essere imperfetti, il genitore o i caregiver non sempre costruiscono enunciati perfetti. Nonostante ciò, il bambino che pronuncia male una parola non viene sgridato, semmai viene corretto sull'impostazione pragmatica di una frase (insegnare ad utilizzare un linguaggio "educato"). Si parla di povertà dello

^{3.7}Professore di filosofia al Massachusetts Institute of Technology (MIT), Boston. Promotore del cognitismo. In quegli anni (60'-70' circa) l'influenza di Noam Chomsky sarà fondamentale, Fodor è uno dei protagonisti della "rivoluzione cognitiva".

^{3.8}E. Sacchi, PROFILI, Jerry Fodor

stimolo proprio perché per quanto gli enunciati ai quali il bambino è esposto possano essere incorretti, mal formati e non numerosi, l'acquisizione del linguaggio avviene in ogni caso perché la competenza dell'apprendente è tale da permettere la produzione di frasi mai sentite prima. L'acquisizione segue una serie di fasi.

3.4.1 Studi iniziali

L'acquisizione viene studiata attraverso l'osservazione del bambino, tra i primi studi ricordiamo il diario genitoriale che scrisse Charles Darwin con le annotazioni in relazione ai primi segni di linguaggio del figlio. È così che nascono appunto i così detti diari genitoriali, registrazioni appuntate dai genitori con data e relativa parola/frase utilizzata dal figlio/a. Le funzioni sono molteplici, permettono di monitorare l'andamento dello sviluppo del linguaggio e dunque il progresso; se l'andamento fosse scarso questi potrebbero essere utili per diagnosticare eventuali problematiche; servono da raccolta dati per comprendere le tendenze linguistiche e accurare la ricerca. Ovviamente il punto di vista è quello del genitore che potrebbe non essere il punto di vista specifico/tecnico di un ricercatore. La scarsa efficienza dei diari genitoriali porta alla nascita del sistema CHILDES, sviluppatosi intorno agli anni Ottanta, si tratta di un sito nel quale vengono condivisi dati e resi visibili agli altri ricercatori. I dati sono inseriti da studiosi ma si tratta di dati episodici che devono essere integrati con dati sperimentali. Uno degli esperimenti più famosi che osserva l'acquisizione della morfologia flessiva è il test di wug creato negli anni 50 del 900 da Jean Berko. Il test era stato programmato per bambini anglofoni di età variabile tra i 4 e i 7 anni, veniva mostrata loro un'immagine raffigurante un animale inventato, wug per l'appunto. Nell'immagine successiva erano presenti due di questi animali e veniva chiesto al bambino di formare il plurale della parola inventata. Questo mirava ad osservare se i bambini avessero appreso la regola astratta del plurale o se procedessero per generalizzazione statistica. Wugs era la risposta corretta nel caso in cui il bambino avesse interiorizzato la regola.

3.4.2 Fasi

1. Primi mesi:

Il bambino fino ai sei mesi produce suoni simili ai suoni linguistici ed è già in possesso di una competenza fonologica. Grazie al paradigma della suzione non nutritiva (SNN) si è osservato come attraverso la suzione di un ciuccio speciale dotato di sensori che ne misurano intensità e suzione, il bambino reagisce a input linguistici. La SNN è particolarmente utile per monitorare la maturazione del riflesso di suzione e può essere usata per rilevare potenziali problemi di sviluppo nei neonati. I primi mesi, dunque, non vanno pensati come un periodo statico, a sei mesi il bambino produce sillabe (CV consonante vocale),

entra nella lallazione (per i bambini italiani) e quindi la ripetizione di queste sillabe in modo sequenziale.

2. 10-24 mesi:

La prima parola è come se segnasse l'inizio del linguaggio, in questi mesi il bambino produce le sue prime parole. Prima di comporre frasi deve essere in grado di effettuare la segmentazione, riconoscere dunque le singole parole, dividerle l'una dall'altra non è scontata la loro divisione, nel parlato possono risultare un'unica grande parola. Oltre a saperle dividere è importante che il bambino riconosca il significato delle parole (cosa che avviene attorno ai 10 mesi), in questa fase è d'aiuto quello che viene chiamato pointing, indicare cioè l'oggetto mentre lo si pronuncia. Inizialmente la memorizzazione sarà lenta, imparerà una decina di parole al mese per poi arrivare ad un'accelerazione che lo porterà a memorizzarne circa una decina al giorno. Dopo i 12 mesi il bambino entra nella così detta fase olofrastica, ovvero un periodo nel quale viene utilizzata una singola parola ma con intonazioni diverse, tali per cui il bambino riesce a comunicare come fossero enunciati. Verso i 18 mesi inizia la fase telegrafica, siamo nel momento in cui il suo vocabolario raggiunge le 50-100 parole e quindi emergono le prime combinazioni di parole (funzione combinatoria), ovviamente si tratta di frasi brevi. Nella maggior parte di queste frasi gli articoli sono assenti, così come i plurali dei sostantivi e le coniugazioni dei verbi.

3. Tre anni:

Il bambino conosce le strutture della lingua, il plurale e i verbi coniugati cominciano ad essere utilizzati ma ciò che gli manca è la parte sociale. Deve imparare ad utilizzare il linguaggio in modo socialmente accettabile, dunque, deve sviluppare una pragmatica, ma c'è bisogno di pratica per questo. Se prima il bambino si muoveva nelle varie fasi in maniera autonoma, in questo periodo gioca un gran ruolo l'educazione da parte dei genitori, della scuola dell'infanzia e della famiglia.

3.5 Modello di Wernicke-Geschwind

All'inizio del XX secolo il neurologo statunitense Norman Geschwind (1926-1984) elaborò un modello di organizzazione anatomico-funzionale del linguaggio, oggetto di tale modello è la denominazione (tra le funzioni primarie del linguaggio). La denominazione consiste in:

- Comprensione di una parola: inizia con l'elaborazione dei suoni nella corteccia uditiva primaria e associativa. Successivamente, i suoni vengono trasferiti nell'area di Wernicke, che si occupa della rappresentazione acustica della parola, e poi al territorio di Geschwind nel lobo parietale inferiore;

- Ripetere una parola: coinvolge il trasferimento delle informazioni associate alla parola tramite il fascicolo arcuato verso l'area di Broca, dove vengono attivate le informazioni necessarie per la pronuncia della parola;
- Leggere ad alta voce una parola scritta: implica che l'informazione visiva viaggi dall'area visiva primaria, passando per le aree associative, fino a raggiungere l'area di Wernicke per la comprensione. Successivamente, attraverso il fascicolo arcuato l'informazione viene trasmessa all'area di Broca, responsabile della programmazione dei movimenti necessari per pronunciare la parola.

Il modello di Wernicke-Geschwind ipotizza che il linguaggio sia localizzato in specifiche aree del cervello, come l'area di Broca per la produzione linguistica. In realtà, ci sono casi di pazienti che recuperano abilità espressive anche dopo una lesione completa di questa area. Il modello, sebbene sia stato influente, oggi è obsoleto e superato dalla ricerca contemporanea, si crede che la produzione della parola non sia confinata a una singola area corticale, ma coinvolga una rete neurale complessa che include aree corticali, sottocorticali e parti del cervelletto.

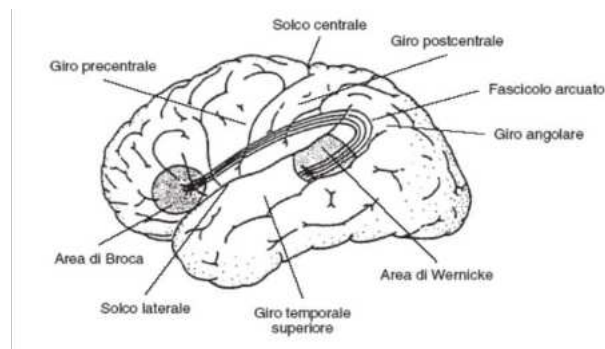


Figura 3.1: Wernicke-Geschwind

Capitolo 4

Confronto

Nel capitolo in questione andremo ad esaminare il confronto tra l'apprendimento dei grandi modelli di linguaggio (LLM) e l'acquisizione del linguaggio umano da parte dei bambini. In precedenza, ovvero nei capitoli II e III, è stato esaminato il modo in cui i grandi modelli di linguaggio apprendono dai dataset (enormi quantità di testo). A partire da questo momento ci concentreremo sulle similitudini e differenze di questi due processi per quanto possano essere distanti tra loro a primo impatto, forse sarà proprio la loro distanza ad emergere nonostante qualche similitudine. Il confronto ci aiuterà a sottolineare i limiti e le sfide che abbiamo elencato nel capitolo II rispetto alla straordinarietà della capacità linguistica umana. Prima di passare al confronto vero e proprio ci terrei ad esaminare le teorie dell'apprendimento elaborate e studiate dalla pedagogia e dalla psicologia e classificate nelle grandi scuole di pensiero.

4.1 Teorie dell'apprendimento

Lo psicologo americano Ernest Hilgard (1971) definisce l'apprendimento “un processo intellettuale attraverso cui l'individuo acquisisce conoscenze sul mondo che, successivamente, utilizza per strutturare e orientare il proprio comportamento in modo duraturo”^{4.1}. Le varie teorie di apprendimento del linguaggio sono:

- Teoria empiristica di Skinner: psicologo statunitense Burrhus Skinner (1904-1990), principale esponente del comportamentismo secondo cui l'apprendimento è uguale a memorizzare e acquisire nozioni. Il concetto che sta alla base è quello della black box, come a dire che il contenuto della nostra mente sia ignoto e che essa sia vuota, con lo scopo di riempirla di nozioni. Il contenuto della nostra mente non è osservabile ed è per questo che il pioniere del comportamentismo John Watson (1878-1958), psicologo statunitense,

^{4.1}E. Hilgard (1971)

elabora lo schema S-R (stimolo-risposta), le risposte e quindi il comportamento degli individui in risposta a degli stimoli è qualcosa di osservabile. Per stimolo si intende un evento esterno o una condizione che provoca la risposta da parte dell'individuo. Skinner elaborerà poi il concetto di rinforzo, sarebbe a dire l'approvazione del comportamento ritenuto "giusto" in risposta allo stimolo, si allontana cioè dalle punizioni considerate tutt'altro che producenti. Lo schema finale, quindi, potrebbe essere stimolo-risposta-rinforzo. Applicato al linguaggio, il bambino apprende a fronte di stimoli che arrivano dall'ambiente e imita il linguaggio degli adulti, quando il bambino pronuncia in modo corretto una parola gli diciamo "bravo" (rinforzo positivo). Ma ciò che questa teoria non spiega/tiene conto è il problema di come il bambino impara e come sia in grado a pronunciare frasi che non ha mai sentito prima. Infatti, il comportamentismo in sé venne criticato per il suo approccio superficiale alle capacità umane, è evidente che viene osservato solamente l'aspetto pratico, il comportamento, ma non viene tenuto conto dell'aspetto più interiore che riguarda le emozioni, il pensiero, la memoria e quindi quei processi mentali per così dire invisibili.

- Teoria innatista di Chomsky: linguista statunitense Noam Chomsky (1928). La nostra capacità di acquisire il linguaggio, secondo questa teoria, è accompagnata da un dispositivo innato in ognuno di noi chiamato LAD (Language Acquisition Device). Dire ciò è uguale a dire che gli esseri umani sono naturalmente predisposti all'apprendimento di una lingua perché siamo in possesso della grammatica universale, come esseri umani abbiamo delle abilità di base che facilitano l'apprendimento della lingua madre. Il bambino durante le fasi di apprendimento del linguaggio gioca un ruolo attivo. Vedremo meglio questa teoria nella sezione 5.1.2
- Teoria interazionista di Jean Piaget: psicologo e filosofo svizzero (1896-1980) sostiene che l'acquisizione del linguaggio avviene dopo lo sviluppo cognitivo. L'individuo grazie al suo sviluppo cognitivo impara il linguaggio ovvero dopo aver appreso le informazioni che permettono di rappresentare schemi mentali e cognitivi, di interagire con il mondo. Piaget nello specifico evidenzia quattro fasi di sviluppo:
 1. Stadio sensomotorio (0-2 anni): il bambino sviluppa i cinque sensi, è fondamentale la curiosità che ci porta a percepire le cose;
 2. Stadio preoperatorio (2-7 anni): non c'è ancora un ragionamento logico, sono importanti i simboli nella testa del bambino, vi è quello che viene chiamato pensiero simbolico per l'appunto;
 3. Stadio operativo concreto (7-11 anni): finalmente il pensiero logico inizia ad affiorare, i pensieri vengono riorganizzati in modo concreto cioè viene applicato il ragionamento;

4. Stadio operativo formale (dai 12 anni in poi): sono gli anni in cui l'individuo sviluppa il pensiero astratto, si ha la capacità di giudizio e di formulare ipotesi. Queste tappe secondo Piaget sono universali.
- Teoria funzionalista di Bruner: Jerome Bruner (1915-2016) psicologo statunitense, per lui l'acquisizione del linguaggio ha un'origine sociale importante perché il bambino impara il linguaggio allo scopo di interagire nell'ambiente nel quale nasce, cresce e agisce. Bruner modifica il LAD teorizzato da Chomsky e parla di LASS (Language Acquisition Support System) intendendo che le capacità innate di ogni essere umano si sviluppano grazie all'interazione con gli altri individui. Le interazioni che avvengono tra bambino e adulto, o meglio, genitori, sono chiamate azioni di scambio condiviso. Attraverso quelli che Bruner chiama format, cioè delle interazioni ripetitive che si standardizzano, l'adulto è capace di mettere in evidenza dei tratti del mondo agli occhi del bambino così che quest'ultimo sarà in grado di svolgere delle funzioni comunicative.

4.2 Differenze e somiglianze

In queste teorie appena citate, la teoria innatista definita da Noam Chomsky e il suo concetto di grammatica universale è tutt'oggi una delle teorie più influenti. Questa, infatti, aiuta a comprendere il motivo per il quale i bambini siano in grado di acquisire competenze linguistiche con un così minimo ammontare di "dati" a disposizione. Se ora ci discostiamo dal linguaggio della linguistica potremmo dire che la grammatica universale è una sorta di bias di apprendimento innato. Esso, infatti, facilita ai bambini il rapido apprendimento della lingua madre che non sarebbe possibile senza questa proprietà innata. Vediamo in cosa differiscono linguaggio umano e linguaggio dei grandi modelli di linguaggio. È certo che i grandi modelli di linguaggio non possiedono questo bias di apprendimento, come è stato spiegato nel capitolo II, essi apprendono da vasti set di dati (dataset) e da statistiche di tali dati chiamati dati di addestramento. La produzione del linguaggio è del tutto differente, i bambini non seguono una costruzione della frase basata sulla previsione della parola successiva, modo di agire dei grandi modelli di linguaggio, la previsione del token successivo, quello più probabile in una sequenza lineare di parole. Tutto questo avviene grazie al machine learning (rete neurale con tre o più livelli) che cerca di imitare il funzionamento del cervello umano la cui produzione del linguaggio invece coinvolge una rete neurale molto più complessa. La linguistica computazionale sta cercando di imitare il linguaggio naturale attraverso il Natural Language Processing (NLP) per esibire proprietà linguistiche simili a quelle umane, nonostante questo il linguaggio informatico non può che rimanere differente da quello umano. I linguaggi informatici che, come abbiamo detto, prevedono il termine successivo in base a quello precedente sono indipendenti dalla struttura a

differenza del linguaggio umano, il quale è dipendente da essa; infatti, la forma di alcune parole deriva da quella di alcune parole che possono trovarsi fisicamente distanti all'interno di una frase o di un testo. Il linguaggio umano è specifico nelle sue proprietà. Il linguaggio umano è discreto ma anche alcuni linguaggi di programmazione sono tali. Anche i grandi modelli di linguaggio sono discreti e dotati di doppia articolazione ma utilizzano i token (unità dotate di significato), il linguaggio umano organizza i fonemi che si combinano nell'unità minima dotata di significato, ovvero i morfemi. In conclusione, ciò che ne deriva da questo confronto è la grande divergenza tra le due modalità di apprendimento, se dovessimo avvicinare l'apprendimento dei grandi modelli di linguaggio a quello di un bambino il set di dati dovrebbe essere largamente più piccolo e dotato del bias di apprendimento linguistico (grammatica universale). Nessuna delle teorie dell'apprendimento citate in 4.1 è proprietà dei grandi modelli di linguaggio. Consideriamo per un momento il caso dell'acquisizione della negazione, i bambini in fase di apprendimento favoriscono la concordanza negativa (concordanza di due negativi all'interno di una frase) anche nei casi in cui questa non venga utilizzata dai caregiver o dai genitori e che quindi non faccia parte delle esperienze di linguaggio a cui il bambino è sottoposto. Esempio di concordanza negativa: (1) Non ho comprato niente. La frase è caratterizzata da interpretazione ambigua, nel primo caso significa che "ho comprato niente" e nel secondo caso chiamato doppia negazione il significato è "ho comprato qualcosa", la maggior parte dei bambini preferisce il primo caso. Nel secondo caso lo sforzo di comprensione è maggiore a causa dell'interpretazione del "non" unito al "niente". La prima fase di acquisizione da parte dei bambini della negazione è quella di accettare la concordanza negativa e successivamente (12 anni circa) riconoscere la doppia negazione. I grandi modelli di linguaggio dunque simulando il linguaggio umano dovrebbero tenere conto di ciò, il punto è proprio questo, lo fanno o no? Stanno venendo presi in considerazione alcuni set di dati contenenti input comparabili a quelli che avrebbe il bambino in fase di apprendimento. I bambini sono esposti al linguaggio dalla nascita e con l'educazione comprenderanno il reale significato della grammatica perché l'essere umano è dotato di capacità cognitive che lo rendono unico. Ciò che manca nella produzione del linguaggio da parte degli LLM è la creatività e l'originalità in quanto prelevano linguaggio da altre fonti, tutte caratteristiche astratte che non potranno mai concorrere tra quelle dei grandi modelli di linguaggio, così come il pensiero. Il linguaggio prodotto dai grandi modelli di linguaggio non è altro che un'imitazione del linguaggio umano. Fino a che punto, noi come esseri umani, ci spingeremo a voler evolvere queste macchine in grado di imitarci e soprattutto saremmo in grado di saperle controllare nel momento in cui queste arriveranno a conoscere e maneggiare così tante capacità e conoscenze?

Capitolo 5

Critiche e riflessioni

In quest'ultimo capitolo andremo ad esaminare alcune critiche mosse dal linguista e filosofo Noam Chomsky sull'utilizzo dei grandi modelli di linguaggio. L'evoluzione tecnologica ha ovviamente portato a grandi sviluppi nel campo dell'intelligenza artificiale, tra cui i large language models (LLM). I grandi modelli di linguaggio, come ad esempio chat GPT, hanno cambiato la maniera in cui interagiamo nella nostra quotidianità, suscitando da un lato una sorta di entusiasmo grazie alle loro straordinarie capacità, e dall'altro anche alcune preoccupazioni e critiche per le possibili limitazioni e problematiche etiche, vedi cap. 2 par. 2.2. Per avere un quadro generale ben formato ho deciso di organizzare una piccola biografia di Noam Chomsky in cui verrà esplorato anche il suo pensiero. Valuteremo poi in che misura le preoccupazioni sollevate sono fondate e quali potrebbero essere le implicazioni future per l'utilizzo e lo sviluppo dei LLM. Oltre alla critica di Chomsky, il capitolo esplora altre preoccupazioni etiche e pratiche legate all'uso dei LLM. Ad esempio, vi è il rischio di immortalare bias presenti nei dati di addestramento, che possono portare a risultati discriminatori o distorti. Inoltre, l'utilizzo diffuso di LLM alza questioni riguardanti la privacy, poiché questi modelli possono utilizzare e riprodurre qualsiasi informazione presente nei dati attraverso i quali sono stati addestrati. Grazie alla critica sollevata da Noam Chomsky potremmo trarre delle conclusioni più elaborate dall'analisi effettuata nel capitolo quarto, tra linguaggio umano e grandi modelli di linguaggio, riflettendo su ciò che questi modelli ci insegnano sulle potenzialità e sui limiti dell'intelligenza artificiale nel campo della linguistica. Il capitolo si concluderà con una riflessione sullo sviluppo futuro dei grandi modelli di linguaggio. Sebbene da un lato i LLM operano in un campo che è evidentemente umano dall'altro sollevano questioni su quanto possano evolversi o se rimarranno degli strumenti limitati, per quanto questo limite non sia già discusso.

5.1 Noam Chomsky

Come detto precedentemente, per rendere appieno la riuscita del capitolo e comprendere le critiche mosse da Chomsky è d'utile importanza esplorare quella che è la biografia della figura di spicco all'interno del campo della linguistica e per di più filosofo statunitense ed inoltre conoscere qual è stato il suo contributo intellettuale nei suoi campi d'azione. Nato nel 1928 a Philadelphia, Avram Noam Chomsky fa parte di una famiglia ebrea. Frequentò l'Università della Pennsylvania dove venne in contatto con un pioniere della linguistica strutturale, Zellig S. Harris, con il quale si trovò in accordo riguardo alcuni suoi approcci rispetto lo studio del linguaggio umano. Iniziò un dottorato di ricerca in linguistica proprio nell'Università della Pennsylvania e successivamente entrò nel Massachusetts Institute of Technology (MIT) come insegnante. L'MIT fu sorpreso dalla capacità di Chomsky, al quale venne proposto di tenere un nuovo insegnamento all'interno del corso di laurea in linguistica, il quale vide tra i banchi studenti come Jerry Fodor, qui già nominato. La visione di Chomsky relativa al linguaggio è quella maggiormente accettata in linguistica, Chomsky dunque intorno agli anni '50 introduce il termine grammatica generativa, ovvero tutto ciò che tende ad accumulare le lingue, tutte quelle regole che formano frasi ben formate di una lingua. L'obiettivo della grammatica generativa è proprio la grammatica universale cioè la creazione di un insieme specifico di competenze e conoscenze linguistiche innate in ognuno di noi. Nel 1961 Chomsky divenne professore ordinario all'istituto del Massachusetts e si ritirò nel 2002.

5.1.1 Critica ai LLM

Affianchiamo ora la critica di Chomsky a quella di un'altra influente personalità della letteratura, Jorge Luis Borges, scrittore argentino, egli condivide il pensiero di Chomsky riguardo i grandi modelli di linguaggio. Secondo lo scrittore argentino, infatti, l'utilizzo spropositato e il costante sviluppo dell'intelligenza artificiale è ambiguo in quanto motivo di preoccupazione ma allo stesso tempo utile mezzo, come abbiamo visto esso è utilizzato nella sanità, nell'educazione, ecc. È fonte di preoccupazione perché si teme che questa capacità artificiale possa degradare e corrompere la nostra etica. I modelli di linguaggio di grandi dimensioni prendono enormi quantità di dati e generano risultati statisticamente probabili (quindi non totalmente veritieri) e soprattutto apparentemente simili a quelli umani. Nella visione generale e che potremmo definire anche utopistica esiste già quel momento tanto profetizzato in cui i “robot supereranno gli umani”, la frase, così utopistica non è se entriamo in questo specifico campo. Borges e Chomsky ricalcano la mano sul fatto che la mente umana non sia lontanamente paragonabile a dei motori statistici, il bambino ha delle capacità innate, un elemento geneticamente installato, il famoso LAD di cui parla Chomsky. La mente umana permette un'intelligenza critica, un crea-

tivo criticismo non contemplato dall'intelligenza artificiale se il suo lavoro avviene sulla base di dati. Chomsky sostiene che l'intelligenza reale è quella umana ed è l'unica ad esistere perché l'intelligenza comprende astrattismo. La definizione di intelligenza stessa contiene al suo interno, oltre alle capacità di comprensione e di apprendimento, anche il pensiero, la capacità di pensare e di riflettere in modo critico e soprattutto originale. Nessuno di noi pensa allo stesso modo, siamo tutti originali nel nostro criticismo. Intelligenza significa anche capacità di saper creare un sé all'interno di contesti sociali, sapersi ambientare, saper affrontare difficoltà. Inoltre, la ragione è qualcosa che in una macchina non esiste. La grandezza quasi illimitata del dataset su cui i grandi modelli di linguaggio sono addestrati è paragonabile a quanto sono illimitate le capacità alle quali un modello di grandi dimensioni può arrivare ad acquisire. La capacità di acquisizione di una lingua da parte di un essere umano è limitata in fase di apprendimento alla lingua madre e alla seconda lingua, mentre è impossibile delineare un limite di acquisizioni per programmi come ChatGPT ad esempio. Non è fattibile distinguere il possibile dall'impossibile, tutto è possibile per i grandi modelli di linguaggio, basta solo inserire quella fonte nel dataset di addestramento. Basterebbe inserire una fonte complottista sul moto di rotazione della Terra che sostiene non sia essa a girare attorno al sole, ma che sia quest'ultimo a farlo; otterremo quindi delle dubbie ed errate risposte se chiedessimo a ChatGPT qual è il moto di rotazione della Terra. Ed è proprio per questo motivo che l'utopia delle macchine che supereranno la grande mente umana è messa in dubbio in questo campo. Fino a quanto ci si potrà spingere? Tutte le previsioni risultano dubbiose, nonché imprevedibili finché non vengono messe in atto. In sostanza Chomsky non condivide l'entusiasmo creatosi intorno a questi nuovi grandi modelli di linguaggio. Questi modelli mancano di tutte le capacità che riguardano l'intelligenza umana essi non sono altro che macchinari probabilistici che basano la loro conoscenza che ci viene esposta su pattern linguistici, sono in grado di generare delle risposte plausibili dettate da frequenze ma ciò che non avranno mai è l'intelligenza e la totale comprensione. In conclusione, nonostante questo grande passo in avanti nelle tecnologie e verso una sorta di automazione del linguaggio, ciò che spaventa di più è una probabile perdita di quelle capacità che ci caratterizzano, un utilizzo spropositato e incontrollato di tali mezzi straordinari potrebbe andare a nostro discapito facendoci perdere criticismo riguardo situazioni quotidiane. La questione, dunque, è molto più profonda e riguarda l'etica, l'intelligenza e la comunicazione, tutti quei fattori sociali che fanno da legante all'interno di una società.



Figura 5.1: Elaborazione

Bibliografia

- [1] ATIS, *Cosa sono i Modelli Linguistici (LLM) e come funzionano?* 2024. indirizzo: <https://atis.al/it/notizie-media/cosa-sono-i-modelli-linguistici-llm-e-come-funzionano/>.
- [2] E. Cirilli e P. Nicolini, *Jerome Bruner*, 2019. indirizzo: <https://docenti.unimc.it/paola.nicolini/teaching/2019/20381/files/slides-jerome-bruner>.
- [3] J. Condemì, *OpenAI: cos'è, quando è nata e di cosa si occupa*, 2024. indirizzo: <https://www.ai4business.it/intelligenza-artificiale/openai-cose-quando-e-nata-e-di-cosa-si-occupa/>.
- [4] Elementi di psicologia, *Lo sviluppo del linguaggio (ontogenetico)*, 2014. indirizzo: <https://elementidipsicologia.wordpress.com/2014/01/17/lo-sviluppo-del-linguaggio-ontogenetico/>.
- [5] F. Fiore, *Burrhus Skinner: il padre del condizionamento operante – Introduzione alla Psicologia*, 2018. indirizzo: <https://www.stateofmind.it/2018/10/burrhus-skinner-condizionamento/>.
- [6] V. Girotto e M. Zorzi, *Manuale di psicologia generale*. ilMulino, 2016.
- [7] G. Graffi e G. Scalise, *Le lingue e il linguaggio. Introduzione alla linguistica*, Terza edizione. ilMulino, n.d.
- [8] GrowthLoop Editorial Team, *Large Language Models*, 2024. indirizzo: <https://www.growthloop.com/university/article/llm>.
- [9] A. Grussu, *L'APPRENDIMENTO: DEFINIZIONE E MODELLI TEORICI*. indirizzo: <https://www.alessandrogrussu.it/txt/Apprendimento.pdf>.
- [10] IBM, *Che cosa sono i modelli linguistici di grandi dimensioni (LLM)?* n.d. indirizzo: <https://www.ibm.com/it-it/topics/large-language-models>.
- [11] IBM, *Cos'è il deep learning?* n.d. indirizzo: <https://www.ibm.com/it-it/topics/deep-learning>.
- [12] R. Kuo, «Noam Chomsky: The False Promise of ChatGPT,» *The New York Times*, 2023.

- [13] G. Marconato, *Comportamentismo*. indirizzo: <https://iris.unica.it/bitstream/11584/51486/2/2013%20Marconato%20Comportamentismo.pdf>.
- [14] P. Menon, *Introduction to Large Language Models and the Transformer Architecture*, 2023. indirizzo: <https://rpradeepmenon.medium.com/introduction-to-large-language-models-and-the-transformer-architecture-534408ed7e61>.
- [15] P. Minto, «Da dove viene e cosa è diventata OpenAI,» *ilPost*, 2023.
- [16] S. Mitoma, *Le preoccupazioni dei modelli linguistici di grandi dimensioni*, 2023. indirizzo: <https://osf.io/preprints/osf/6mnzw>.
- [17] M. Orilia, *Noam Chomsky: grammatica universale e innatismo linguistico (parte I)*, n.d. indirizzo: <https://quaerere.it/noam-chomsky-grammatica-universale-e-innatismo-linguistico-parte-i/>.
- [18] M. Pantcheva, *How do LLMs and humans differ in the way they learn and use language*, 2023. indirizzo: <https://www.rws.com/blog/large-language-models-humans/>.
- [19] P. Pierucci, *Introduzione a ChatGPT: cos'è, vantaggi e casi di studio*, 2023. indirizzo: <https://www.digitaldictionary.it/blog/introduzione-chatgpt>.
- [20] E. A. Schultz e R. H. Lavenda, *Antropologia culturale*, Quarta edizione. Zanichelli, n.d.
- [21] C. Semenza, F. Franzon e C. Zanini, «Il cervello morfologico,» *Psychofenia*, 2019. indirizzo: <http://siba-ese.unisalento.it/index.php/psychofenia/article/viewFile/24964/20649>.
- [22] M. Somalvico, *Intelligenza Artificiale*. indirizzo: <https://schiaffonati.faculty.polimi.it/pubblicazioni/H1.pdf>.
- [23] Treccani, *Enza*, n.d. indirizzo: <https://www.treccani.it/vocabolario/enza/>.
- [24] M. L. William O'Grady, *Natural Syntax, Artificial Intelligence and Language Acquisition*, 2023. indirizzo: <https://www.mdpi.com/2078-2489/14/7/418>.