

**UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE**  
**FACOLTÀ DI INGEGNERIA**

Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione  
Corso di Laurea in Ingegneria Informatica e dell'Automazione

---



**TESI DI LAUREA**

**L'Intelligenza Artificiale tra opportunità e minacce: uno studio  
"futuristico" mediante strumenti AWS**

**Artificial Intelligence between opportunities and threads: a  
"futuristic" study using AWS tools**

Relatore

Prof. Domenico Ursino

Candidato

Lorenzo Giannetti

---

**ANNO ACCADEMICO 2023-2024**

*La più grande minaccia dell'Intelligenza Artificiale  
non è che essa diventi cattiva,  
ma che diventi troppo brava a fare ciò che le chiediamo,  
e che ci ritroviamo a chiedere la cosa sbagliata*

Nick Bostrom

## Sommario

L'Intelligenza Artificiale (AI) rappresenta una delle tecnologie più rivoluzionarie del nostro tempo, capace di trasformare profondamente la vita quotidiana e settori lavorativi come quello industriale e sanitario. In questa tesi viene analizzato il ruolo e l'impatto dell'AI attraverso lo studio di strumenti avanzati offerti da AWS, con particolare attenzione ad Amazon Comprehend Medical, Amazon Lex e Amazon Q Developer. Si è sviluppato un chatbot personalizzato per la gestione di routine di allenamento, sfruttando l'integrazione con AWS Lambda. Si è, inoltre, implementato e testato un Password Manager con Amazon Q Developer, dimostrando la capacità del tool di ottimizzare lo sviluppo di applicazioni sicure e scalabili. È stata esaminata la dimensione etica dell'AI, con particolare attenzione a problematiche come privacy, bias algoritmici e manipolazione delle informazioni, proponendo soluzioni basate su linee guida e trasparenza algoritmica. Infine, sono state delineate opportunità e minacce future per uno sviluppo sostenibile dell'AI, sottolineando la necessità di un equilibrio tra progresso tecnologico e responsabilità etica.

**Keyword:** Intelligenza Artificiale, Amazon Comprehend Medical, Amazon Lex, Amazon Q Developer, Opportunità e minacce dell'AI, Etica dell'AI, Bias algoritmici, Trasparenza algoritmica

<b>Introduzione</b>	<b>1</b>
<b>1 Uno sguardo all'Intelligenza Artificiale</b>	<b>3</b>
1.1 Cos'è l'Intelligenza Artificiale?	3
1.1.1 Definizione di Intelligenza Artificiale	3
1.1.2 Tecnologie Fondamentali dell'AI	4
1.2 Storia e origini dell'AI	4
1.2.1 Le origini	4
1.2.2 I primi sistemi di AI	5
1.2.3 Evoluzione negli ultimi decenni	6
1.2.4 AI oggi	6
1.3 Tipi di Intelligenza Artificiale	7
1.3.1 Intelligenza Artificiale Ristretta (Artificial Narrow Intelligence - ANI)	7
1.3.2 Intelligenza Artificiale Generale (Artificial General Intelligence - AGI)	8
1.3.3 Super Intelligenza Artificiale (Artificial Super Intelligence - ASI)	8
1.4 Impatto dell'Intelligenza Artificiale sulla società	8
1.4.1 Impatto sul Lavoro e sull'Economia	8
1.4.2 Impatto nella vita quotidiana	9
1.4.3 Impatto Politico e Sociale	9
<b>2 Esperienze con Amazon Comprehend Medical</b>	<b>11</b>
2.1 Introduzione a Amazon Comprehend Medical	11
2.1.1 Cos'è Amazon Comprehend Medical?	12
2.1.2 Architettura di base e funzionamento	12
2.1.3 Differenze tra Amazon Comprehend e Amazon Comprehend Medical	13
2.2 Funzionalità principali	13
2.2.1 Estrazione di entità mediche e concetti clinici	13
2.2.2 Riconoscimento di farmaci, dosaggi e trattamenti	14
2.3 Implementazione pratica e analisi dei risultati	14
2.3.1 Primo caso clinico	14
2.3.2 Secondo caso clinico	18
2.3.3 Terzo caso clinico	20
2.3.4 Quarto caso clinico	22
2.4 Vantaggi e limitazioni	26
2.4.1 Benefici nella gestione dei dati sanitari	26

2.4.2	Limitazioni e criticità nei casi clinici complessi . . . . .	28
2.5	Opportunità future . . . . .	28
2.5.1	Aumento delle capacità di diagnosi assistita . . . . .	28
2.5.2	Integrazione con altri servizi AI nel cloud . . . . .	28
<b>3</b>	<b>Esperienze con Amazon Lex</b> . . . . .	<b>30</b>
3.1	Introduzione ad Amazon Lex . . . . .	30
3.1.1	Cos'è Amazon Lex? . . . . .	30
3.1.2	Architettura di Amazon Lex . . . . .	30
3.1.3	Differenze con altri strumenti per la creazione di chatbot . . . . .	31
3.2	Applicazioni e integrazioni con altri tool di AWS . . . . .	31
3.2.1	Integrazione con AWS Lambda . . . . .	31
3.2.2	Integrazione con Amazon Connect per l'assistenza clienti . . . . .	31
3.3	Implementazione pratica: Creazione di un chatbot . . . . .	32
3.4	Vantaggi e limitazioni . . . . .	38
3.4.1	Vantaggi nell'uso di Amazon Lex . . . . .	38
3.4.2	Limitazioni della piattaforma . . . . .	38
3.5	Sviluppi futuri e possibili migliorie . . . . .	39
3.5.1	Estensione del chatbot con l'apprendimento automatico . . . . .	39
3.5.2	Potenziamento della personalizzazione . . . . .	39
<b>4</b>	<b>Esperienze con Amazon Q Developer</b> . . . . .	<b>40</b>
4.1	Introduzione a Amazon Q Developer . . . . .	40
4.1.1	Cos'è Amazon Q Developer? . . . . .	40
4.1.2	Architettura e funzionamento . . . . .	40
4.2	Funzionalità principali . . . . .	41
4.2.1	Integrazione con altri servizi . . . . .	41
4.2.2	Strumenti per sviluppatori . . . . .	42
4.3	Implementazione pratica . . . . .	42
4.4	Analisi dei vantaggi e dei limiti . . . . .	50
4.4.1	Miglioramento dell'efficienza operativa . . . . .	50
4.4.2	Scalabilità e flessibilità . . . . .	50
4.4.3	Limiti di funzionalità e costi . . . . .	50
4.5	Prospettive per il futuro . . . . .	51
<b>5</b>	<b>Lezioni apprese: opportunità e minacce dell'AI</b> . . . . .	<b>52</b>
5.1	Opportunità offerte dall'Intelligenza Artificiale . . . . .	52
5.1.1	Automazione e produttività . . . . .	52
5.1.2	Personalizzazione e Big Data . . . . .	52
5.2	Le minacce e i rischi dell'AI . . . . .	53
5.2.1	Perdita di posti di lavoro e impatto sociale . . . . .	53
5.2.2	Bias algoritmici e discriminazione . . . . .	53
5.2.3	Sicurezza dei dati . . . . .	53
5.3	Regolamentazione e governance dell'Intelligenza Artificiale . . . . .	54
5.3.1	Legislazione e politiche internazionali . . . . .	54
5.3.2	Standard industriali e certificazioni . . . . .	55
5.4	Studi di casi aziendali . . . . .	55
5.4.1	Successi e fallimenti . . . . .	55
5.4.2	Applicazioni per settore . . . . .	57
5.5	Verso una AI responsabile e sicura . . . . .	57
5.5.1	Strategie per uno sviluppo sostenibile dell'AI . . . . .	57

---

5.5.2	Collaborazione tra industria, governo e ricerca . . . . .	57
<b>6</b>	<b>Intelligenza Artificiale ed etica</b>	<b>59</b>
6.1	L'importanza dell'etica nell'AI . . . . .	59
6.1.1	Definizione di etica nell'ambito dell'AI . . . . .	59
6.1.2	Implicazioni sociali e morali dell'AI . . . . .	59
6.2	Sfide etiche legate all'AI . . . . .	60
6.2.1	Privacy e sorveglianza . . . . .	60
6.2.2	Responsabilità e accountability . . . . .	61
6.2.3	Manipolazione e disinformazione . . . . .	61
6.3	Soluzioni e approcci per un'AI etica . . . . .	62
6.3.1	Linee guida e principi etici per lo sviluppo dell'AI . . . . .	62
6.3.2	Algoritmi trasparenti e interpretabili . . . . .	63
	<b>Conclusioni</b>	<b>64</b>
	<b>Bibliografia</b>	<b>65</b>
	<b>Sitografia</b>	<b>67</b>
	<b>Ringraziamenti</b>	<b>69</b>

---

## Elenco delle figure

---

1.1	John McCarty (Boston, 4 settembre 1927 – Stanford, 24 ottobre 2011), pioniere dell'AI e inventore del termine "Intelligenza Artificiale" . . . . .	5
1.2	Architettura di von Neumann, ovvero la struttura dei computer moderni . . .	6
1.3	Tutti i tipi di assistenti vocali di Amazon, esempi di Intelligenza Artificiale Ristretta (ANI) . . . . .	7
2.1	Struttura generale del funzionamento di Amazon Comprehend Medical . . .	12
2.2	Output generato da Amazon Comprehend Medical per il primo esempio (prima parte) . . . . .	15
2.3	Output generato da Amazon Comprehend Medical per il primo esempio (seconda parte) . . . . .	16
2.4	Output generato da Amazon Comprehend Medical per il primo esempio (terza parte)l . . . . .	16
2.5	Concetti principali compresi da Amazon Comprehend Medical riguardanti il primo esempio (prima parte) . . . . .	17
2.6	Concetti principali compresi da Amazon Comprehend Medical riguardanti il primo esempio (seconda parte) . . . . .	17
2.7	Output generato da Amazon Comprehend Medical per il secondo esempio (prima parte) . . . . .	19
2.8	Output generato da Amazon Comprehend Medical per il secondo esempio (seconda parte) . . . . .	19
2.9	Output generato da Amazon Comprehend Medical per il secondo esempio (terza parte) . . . . .	20
2.10	Output generato da Amazon Comprehend Medical per il terzo esempio (prima parte) . . . . .	21
2.11	Output generato da Amazon Comprehend Medical per il terzo esempio (seconda parte) . . . . .	22
2.12	Output generato da Amazon Comprehend Medical per il quarto esempio (prima parte) . . . . .	24
2.13	Output generato da Amazon Comprehend Medical per il quarto esempio (seconda parte) . . . . .	24
2.14	Output generato da Amazon Comprehend Medical per il quarto esempio (terza parte) . . . . .	25
2.15	Output generato da Amazon Comprehend Medical per il quarto esempio (quarta parte) . . . . .	25

2.16	Output generato da Amazon Comprehend Medical per il quarto esempio (quinta parte) . . . . .	27
2.17	Output generato da Amazon Comprehend Medical per il quarto esempio (sesta parte) . . . . .	27
2.18	Output generato da Amazon Comprehend Medical per il quarto esempio (settima parte) . . . . .	27
3.1	Struttura generale del funzionamento di Amazon Lex . . . . .	31
3.2	Esempio di funzionamento di Amazon Lex con Amazon Connect . . . . .	32
3.3	Richiesta al chatbot di creare una routine giornaliera (prima parte) . . . . .	33
3.4	Richiesta al chatbot di creare una routine giornaliera (seconda parte) . . . . .	34
3.5	Esempio di interruzione della richiesta . . . . .	34
3.6	Richiesta al chatbot di creare una routine settimanale . . . . .	35
3.7	Altro esempio di richiesta al chatbot . . . . .	35
3.8	Gestione degli input errati (prima parte) . . . . .	36
3.9	Gestione degli input errati (seconda parte) . . . . .	36
4.1	Interfaccia di Amazon Q Developer all'interno di Visual Studio Code . . . . .	41
4.2	Risposta di Amazon Q Developer rispetto al primo esempio . . . . .	43
4.3	Inserimento della funzione generata . . . . .	43
4.4	Risposta di Amazon Q Developer rispetto al secondo esempio . . . . .	44
4.5	Codice generato che gestisce gli errori in input . . . . .	44
4.6	Risultato stampato dopo aver inserito un input errato . . . . .	44
4.7	Uso della funzione Explain . . . . .	45
4.8	Uso della funzione Explain . . . . .	45
4.10	Suggerimenti in linea sul codice . . . . .	45
4.9	Creazione di un generatore di password casuali . . . . .	46
4.11	Password generata dal generatore di password creato da Amazon Q Developer . . . . .	46
4.12	Risposta alla richiesta di generare una schermata di login . . . . .	47
4.13	Schermata generata da Amazon Q Developer . . . . .	47
4.14	Risposta alla richiesta di creare un Password Manager . . . . .	47
4.15	Registrazione del primo servizio . . . . .	48
4.16	Stampa dei servizi registrati nel Password Manager . . . . .	48
4.17	Invio della funzione <code>addpassword</code> ad Amazon Q Developer . . . . .	48
4.18	Funzione <code>addpassword</code> corretta . . . . .	49
4.19	Registrazione dei servizi nel Password Manager . . . . .	49
4.20	Stampa di tutti i servizi registrati . . . . .	49
4.21	Stampa dello username e della password di Gmail . . . . .	49
4.22	Interfaccia grafica del Password Manager . . . . .	50
5.1	Infografica che rappresenta i rischi e le limitazioni che è necessario dare ai sistemi di AI. . . . .	55
5.2	Foto scattata in seguito all'incidente, dove sulla destra si vede la macchina di Uber guidata autonomamente . . . . .	56
6.1	Avatar che simulano alcuni disturbi in modo da formare i nuovi clinici sul tema del prevenzione dei suicidi con Kognito . . . . .	60
6.2	Differenza tra un'immagine di Robert De Niro originale e una generata con AI . . . . .	62



L'Intelligenza Artificiale (AI) rappresenta una delle più significative rivoluzioni tecnologiche del nostro tempo, con un impatto che si estende a livello globale su settori chiave quali l'economia, la sanità, l'istruzione e la società in generale. Le motivazioni alla base di questo lavoro risiedono nella necessità di comprendere e analizzare le potenzialità e le sfide di questa tecnologia, non solo dal punto di vista tecnico, ma anche etico e sociale. In un periodo in cui l'AI è sempre più integrata nelle dinamiche quotidiane e nelle decisioni strategiche, è fondamentale approfondire le implicazioni derivanti dall'adozione di questi sistemi, al fine di promuovere uno sviluppo responsabile e sostenibile. Lo scenario attuale, caratterizzato da un crescente utilizzo dell'AI nelle applicazioni industriali e consumer, richiede una riflessione articolata che possa offrire un contributo al dibattito politico e sociale, delineando opportunità, rischi e linee guida per il futuro. Lo svolgimento di questo lavoro è spinto, inoltre, dal voler analizzare i vantaggi e gli svantaggi dell'Intelligenza Artificiale provando ad eliminare pregiudizi e paure riguardanti questa nuova tecnologia, aiutando a considerarla difatti come un passo in avanti verso lo sviluppo tecnologico, piuttosto che come una minaccia da cui è meglio stare alla larga. Questo lavoro può essere descritto, quindi, come un'intersezione tra analisi tecnica, implementazione pratica e valutazione etica, con l'obiettivo di costruire una visione integrata e rigorosa dell'AI.

Nel corso di questa tesi, vengono esplorati diversi aspetti dell'Intelligenza Artificiale, sia dal punto di vista teorico che pratico. In primo luogo, si offre una panoramica generale sull'AI, definendone i concetti fondamentali, le tecnologie sottostanti e le implicazioni storiche e sociali. Successivamente, il focus si sposta su tre strumenti offerti da Amazon Web Services: Amazon Comprehend Medical, Amazon Lex e Amazon Q Developer, analizzati attraverso un approccio pratico che include casi di studio ed esperienze di implementazione. Questo consente di evidenziare i vantaggi offerti da ciascuna piattaforma, le limitazioni e le prospettive di sviluppo futuro. L'attenzione viene, poi, rivolta alle opportunità e alle minacce legate all'AI, con un'analisi dettagliata delle implicazioni sociali, economiche e politiche, nonché delle sfide etiche che emergono nell'utilizzo di questa tecnologia. Da qui, viene approfondito il tema dell'etica nell'AI, proponendo soluzioni concrete per garantire trasparenza, responsabilità e sostenibilità nello sviluppo di sistemi intelligenti. Infine, si evidenziano i principi e le linee guida che dovrebbero essere seguite da Paesi, organizzazioni o aziende e utenti finali, al fine di sfruttare a pieno le capacità di questa nuova tecnologia, evitando di alimentare le paure che l'Intelligenza Artificiale ha generato nella società odierna.

La presente tesi è composta da sei capitoli strutturati come di seguito specificato:

- Nel Capitolo 1 si offre una panoramica introduttiva sull'Intelligenza Artificiale, definendone i concetti chiave, le tecnologie sottostanti e l'evoluzione storica fino allo scenario

attuale.

- Nel Capitolo 2 ci si concentra su Amazon Comprehend Medical, descrivendone le funzionalità principali e analizzandone i vantaggi e le limitazioni attraverso casi clinici pratici.
- Nel Capitolo 3 si esplora Amazon Lex, illustrando il suo utilizzo nella creazione di chatbot, le integrazioni possibili e le prospettive di miglioramento della piattaforma.
- Nel Capitolo 4 si analizza Amazon Q Developer, evidenziandone le funzionalità per gli sviluppatori, l'integrazione con altri strumenti e il potenziale futuro di questa tecnologia.
- Nel Capitolo 5 si affronta il tema delle opportunità e dei rischi dell'AI, con un focus su automazione, personalizzazione, bias algoritmici, sicurezza e governance.
- Nel Capitolo 6 si discutono le sfide etiche legate all'AI e si propongono soluzioni concrete per promuovere uno sviluppo etico e sostenibile di queste tecnologie.

---

## Uno sguardo all'Intelligenza Artificiale

---

*L'Intelligenza Artificiale (AI) è un campo dell'informatica che si concentra sullo sviluppo di sistemi capaci di simulare l'intelligenza umana, eseguendo attività come l'apprendimento, il ragionamento e la risoluzione dei problemi. Questo capitolo fornisce una panoramica sull'AI, partendo dalla sua definizione fino alla sua evoluzione nel tempo. Si esplorano le principali tecnologie alla base dell'AI moderna, come il Machine Learning, il Deep Learning, il Natural Language Processing (NLP) e la computer vision, evidenziando il loro impatto su settori come la medicina, l'economia e l'industria. Vengono descritte le tre categorie di AI: Intelligenza Artificiale Ristretta (ANI), Intelligenza Artificiale Generale (AGI) e Superintelligenza Artificiale (ASI), evidenziando i progressi attuali e le prospettive future. Infine, il capitolo analizza le implicazioni sociali, economiche e politiche dell'AI, mettendo in risalto le opportunità e i rischi che essa comporta per la società e il mondo del lavoro.*

### 1.1 Cos'è l'Intelligenza Artificiale?

L'Intelligenza Artificiale rappresenta un ramo dell'informatica che si occupa dello sviluppo di algoritmi e di sistemi capaci di svolgere attività tipicamente associate all'intelligenza umana, come la capacità di apprendere, ragionare e risolvere problemi. In altre parole, l'obiettivo principale dell'Intelligenza Artificiale è quello di replicare, o simulare, i processi cognitivi che caratterizzano l'essere umano attraverso l'uso di macchine e software.

#### 1.1.1 Definizione di Intelligenza Artificiale

A dare una definizione di Intelligenza Artificiale ci ha pensato John McCarty (Figura 1.1), un informatico statunitense, vincitore del Premio Turing nel 1971, che definì l'AI come

"la scienza e l'ingegneria di creare macchine più intelligenti".

In un'ottica più traslata ai giorni nostri, l'Intelligenza Artificiale può essere considerata come un insieme di tecnologie che permettono ai sistemi di apprendere dai dati, adattarsi alle informazioni e svolgere compiti in modo autonomo.

### 1.1.2 Tecnologie Fondamentali dell'AI

Come abbiamo detto in precedenza, l'Intelligenza Artificiale è un insieme di tecnologie e di componenti tecniche che ne costituiscono la base. Le principali tecnologie usate nei moderni sistemi di AI sono:

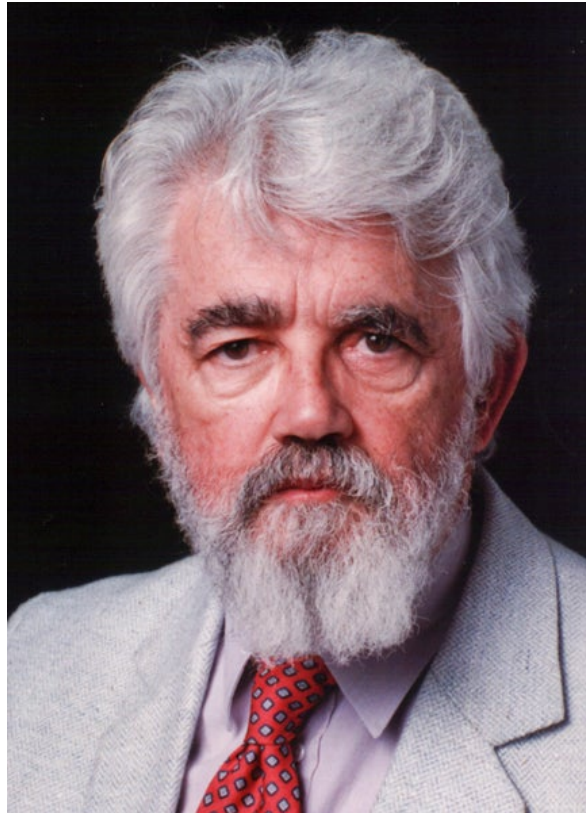
- *Machine Learning*: il machine learning è un metodo di analisi di dati che automatizza la costruzione di un modello analitico e che consente alle macchine di apprendere dai dati senza essere esplicitamente programmate per ogni specifico compito. Esso si basa su algoritmi che migliorano le prestazioni di un sistema analizzando dati storici e correggendo i modelli in base alle nuove informazioni ricevute. I sistemi di machine learning possono essere classificati in supervisionati, non supervisionati e per rinforzo, a seconda del tipo di dati di input e del feedback utilizzato.
- *Deep Learning*: il deep learning è una tecnica avanzata di machine learning che addestra il computer ad eseguire attività in maniera simile a quella umana utilizzando reti neurali artificiali con molti livelli per l'elaborazione dei dati. Questo approccio ha rivoluzionato settori come la visione artificiale, il riconoscimento vocale e il processamento del linguaggio naturale. Le reti neurali profonde consentono ai sistemi di AI di analizzare grandi quantità di dati non strutturati e di identificare modelli complessi, superando le capacità delle tecniche tradizionali. Infatti, invece di organizzare i dati per eseguire equazioni predefinite, il deep learning imposta dei parametri di base sui dati e istruisce il computer affinché riesca ad imparare da solo.
- *Natural Language Processing (NLP)*: l'elaborazione del linguaggio naturale è un'area dell'AI che si occupa dell'interazione tra computer e linguaggio umano. Attraverso tecniche di NLP, i sistemi di AI sono in grado di comprendere, generare e tradurre testi scritti e parlati. Applicazioni pratiche dell'NLP includono i chatbot, gli assistenti virtuali e i sistemi capaci di misurare il sentimento espresso.
- *Computer Vision*: la visione artificiale consente alle macchine di interpretare e comprendere immagini, video, e in generale il mondo visivo. I sistemi di computer vision con l'utilizzo di immagini digitali e video sono in grado di riconoscere oggetti, volti e scene, e trovano applicazione in settori come la sicurezza, la sorveglianza, la guida autonoma e la diagnostica medica.

## 1.2 Storia e origini dell'AI

L'Intelligenza Artificiale (Artificial Intelligence - AI), oggi considerata una delle tecnologie più rivoluzionarie del XXI secolo, ha radici profonde che risalgono intorno agli anni Cinquanta, grazie al contributo di matematici, filosofi e informatici visionari. Era un periodo di grande fermento scientifico sullo studio del calcolatore e il suo utilizzo per sistemi intelligenti. Il concetto stesso di "Intelligenza Artificiale" ha subito un'evoluzione nel corso dei decenni, partendo dalle prime teorizzazioni sulla capacità delle macchine di simulare il pensiero umano fino ad arrivare alle sofisticate applicazioni moderne basate su Machine Learning, Deep Learning e reti neurali.

### 1.2.1 Le origini

La nascita dell'Intelligenza Artificiale come disciplina scientifica può essere posta a cavallo tra gli anni '40 e gli anni '50. Uno dei primi studiosi a porsi la domanda "le macchine possono



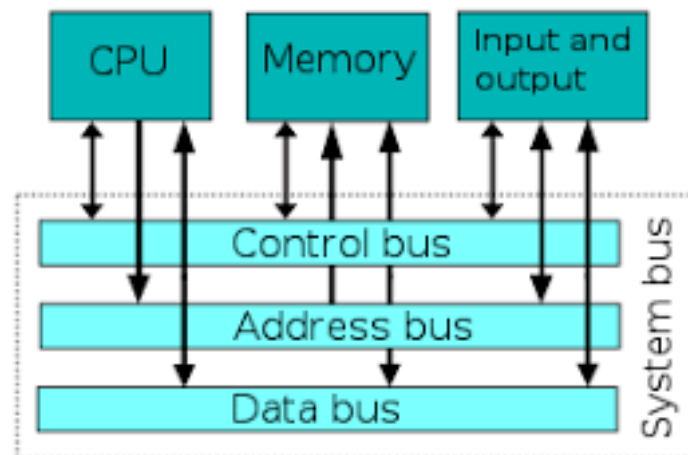
**Figura 1.1:** John McCarthy (Boston, 4 settembre 1927 – Stanford, 24 ottobre 2011), pioniere dell'AI e inventore del termine "Intelligenza Artificiale"

pensare?" fu Alan Turing, matematico e crittografo britannico. Nel 1950, Turing pubblicò un influente articolo intitolato *"Computing Machinery and Intelligence"* nel quale esplorava l'idea che una macchina potesse, attraverso un algoritmo, imitare il comportamento intelligente umano. All'interno dell'articolo veniva proposto quello che sarebbe divenuto noto come Test di Turing. Secondo il test una macchina poteva essere considerata intelligente se il suo comportamento, osservato da un essere umano, fosse considerato indistinguibile da quello di una persona. Anche se ancora non era chiamata "Intelligenza Artificiale", Turing gettò le basi per molte delle successive ricerche.

Parallelamente, lo sviluppo dei primi computer fu essenziale per la nascita dell'AI. In questa fase, tra i protagonisti emergono i nomi di John von Neumann e Norbert Wiener. Il primo fu uno dei più influenti matematici del secolo, contribuì a sviluppare l'architettura dei moderni computer, che oggi è conosciuta come "Architettura di von Neumann" (Figura 1.2), un elemento cruciale per la successiva evoluzione dei sistemi di Intelligenza Artificiale. Wiener, invece, coniò il termine "cibernetica" e sviluppò la teoria sul controllo e sulla comunicazione nelle macchine e negli organismi viventi, anticipando molti dei temi dell'Intelligenza Artificiale moderna.

### 1.2.2 I primi sistemi di AI

Nel 1956 si tenne il Dartmouth Workshop, un evento che è considerato il vero atto di nascita ufficiale dell'Intelligenza Artificiale come campo di ricerca. Qui John McCarthy (Figura 1.1), insieme a figure come Marvin Minsky, Claude Shannon e Herbert Simon, si propose di esplorare la possibilità di creare macchine capaci di simulare il pensiero umano. Dopo il workshop di Dartmouth, furono sviluppati i primi sistemi di AI, basati prevalentemente su



**Figura 1.2:** Architettura di von Neumann, ovvero la struttura dei computer moderni

approcci simbolici e logici. In particolare, McCarty e Minsky avevano due correnti di pensiero differenti. Per il primo, infatti, la soluzione per creare macchine dotate di intelligenza umana era quella di insegnare ad esse la logica. D'altra parte, Minsky sosteneva che non tutte le scelte che gli umani compiono sono prese con logica e, quindi, la sua soluzione stava nel creare delle macchine con la stessa struttura del cervello umano, ovvero tramite delle reti neurali. Durante questo periodo, i ricercatori svilupparono sistemi esperti e macchine in grado di risolvere problemi logici come *Logic Theorist* e *General Problem Solver* di Herbert Simon e Allen Newell.

### 1.2.3 Evoluzione negli ultimi decenni

Dopo un periodo di entusiasmo iniziale, l'AI entrò in una fase di declino negli anni '70 e '80, nota come "*AI Winter*", caratterizzata da una diminuzione degli investimenti e delle aspettative per i progressi tecnologici. Le prime promesse di creare macchine che potessero emulare completamente il cervello umano non furono mantenute, principalmente a causa della mancanza di potenza di calcolo e dell'inadeguatezza degli algoritmi disponibili. Tuttavia, nonostante queste difficoltà, durante questo periodo furono gettate le basi per molti sviluppi futuri.

Verso la fine degli anni '80 e nei primi anni '90, l'Intelligenza Artificiale cominciò a riprendersi, soprattutto grazie all'introduzione di nuovi approcci basati su metodi probabilistici e statistici. Questo fu un periodo di rinascita per le reti neurali, grazie all'introduzione dell'algoritmo di retropropagazione (*backpropagation*), che consentì l'addestramento efficace di reti neurali con più strati. Le reti neurali artificiali, che negli anni '60 erano state limitate da tecnologie primitive, trovarono una nuova vita, favorendo applicazioni sempre più complesse in settori come il riconoscimento di immagini e di voce.

Durante gli anni '90 ci fu anche la nascita dei primi sistemi di Machine Learning, che permisero alle macchine di imparare autonomamente dai dati. Tutto ciò fu possibile grazie alla crescente disponibilità di dati e all'aumento della potenza di calcolo.

### 1.2.4 AI oggi

I primi anni del XXI secolo hanno visto una crescita esponenziale nell'uso e nello sviluppo dell'Intelligenza Artificiale, grazie soprattutto al miglioramento delle tecnologie. Oggi l'AI

rappresenta uno dei principali ambiti di interesse della comunità scientifica informatica, dominata da approcci come il Deep Learning e il Machine Learning. Ciò ha portato a progressi straordinari in ambiti come la visione artificiale, il riconoscimento vocale, l'elaborazione del linguaggio naturale e la robotica.

Tra i progressi più rilevanti dell'AI moderna troviamo l'ascesa di sistemi di Intelligenza Artificiale generalista, come GPT-4 e DALL-E, capaci di generare testi e immagini in maniera autonoma, rivoluzionando settori come la creatività, la scrittura e il design. Questi sistemi dimostrano una notevole capacità di adattarsi a contesti diversi, ampliando i confini di ciò che un'Intelligenza Artificiale può fare.

## 1.3 Tipi di Intelligenza Artificiale

Esistono tre tipi di Intelligenza Artificiale, ognuno con una diversa capacità di svolgere attività. Man mano che l'AI progredisce, si passa da un'intelligenza inferiore a una superiore, il che significa che potrebbero emergere caratteristiche simili a quelle umane, a partire dai processi di pensiero fino ad arrivare alle emozioni.

### 1.3.1 Intelligenza Artificiale Ristretta (Artificial Narrow Intelligence - ANI)

L'Intelligenza Artificiale Ristretta riguarda i sistemi capaci di eseguire un singolo compito specifico in maniera estremamente efficiente. Si tratta del tipo di AI più diffuso oggi, come nei casi degli assistenti vocali (Figura 1.3) o dei sistemi di raccomandazione di piattaforme digitali, come, ad esempio, Netflix. L'AI ristretta viene progettata per un singolo compito, da cui deriva il suo nome, e a causa di questa specificità è chiamata anche "AI debole". Ciò le consente di concentrarsi su un compito, o un insieme di compiti, e di ottimizzare ulteriormente il suo funzionamento. Questi sistemi, pur essendo avanzati, non possiedono capacità cognitive generali o di apprendimento trasversale. L'AI ristretta è particolarmente utile per compiti che coinvolgono insiemi di dati enormi, ovvero big data. La raccolta di dati personali diffusa consente alle aziende di addestrare l'AI e ricavare informazioni utili. Nonostante le sue limitazioni, l'ANI offre molte possibilità di utilizzo e rappresenta un'importante risorsa per le aziende e le organizzazioni che desiderano automatizzare e ottimizzare i propri processi. Essa viene creata con gli strumenti e gli standard più recenti, ed è orientata a garantire la competitività delle aziende che la utilizzano.



**Figura 1.3:** Tutti i tipi di assistenti vocali di Amazon, esempi di Intelligenza Artificiale Ristretta (ANI)

### **1.3.2 Intelligenza Artificiale Generale (Artificial General Intelligence - AGI)**

L'Intelligenza Artificiale Generale rappresenta il futuro dell'AI. Infatti, al contrario dell'Intelligenza Artificiale Ristretta, si riferisce a sistemi teorici che possiedono capacità cognitive generali comparabili a quelle di un essere umano. Potrebbe essere in grado di pensare, apprendere e applicare conoscenze in contesti diversi, adattandosi a nuovi problemi senza essere specificatamente programmati per farlo. Tuttavia, la creazione di un'AI generale è ancora lontana, poiché gli strumenti necessari per costruirla non sono ancora disponibili. Molti credono che le reti neurali siano un modo affidabile per creare i precursori di quella che potrebbe essere l'AI generale, ma la realtà è che l'intelligenza umana è ancora una scatola nera. Ci sono, infatti, diverse insidie associate all'AI generale, tra cui la capacità di replicare l'apprendimento per trasferimento, il buon senso e la collaborazione, nonché la comprensione della coscienza e della mente. Questi sono ostacoli significativi che devono essere superati per creare un'AI generale che funzioni in modo affidabile e collaborativo con gli esseri umani. Se in un futuro prossimo si riuscisse a creare un'AGI, ci porterebbe a un grande progresso tecnologico e scientifico, ma potrebbe anche sollevare questioni etiche e sociali importanti.

### **1.3.3 Super Intelligenza Artificiale (Artificial Super Intelligence - ASI)**

La Super Intelligenza Artificiale rappresenterebbe l'apice dell'Intelligenza Artificiale e supererebbe in ogni modo la cognizione umana. Nonostante questa sia una forma di AI ipotetica e avanzata, gli esperti concordano che l'ASI potrebbe derivare dall'esplosione dell'Intelligenza Artificiale, ovvero una crescita esponenziale degli algoritmi di AI. Le capacità cognitive della macchina superano di gran lunga quelle dell'essere umano in vari campi. L'auto-miglioramento è la chiave su cui si punta per raggiungere l'ASI, e questo avverrebbe attraverso un apprendimento ricorsivo da parte del sistema di AI. In altre parole, l'AI imparerebbe da se stessa, migliorando continuamente le sue prestazioni e aumentando la sua intelligenza a livelli sempre più elevati. La superintelligenza artificiale solleva questioni profonde di carattere etico, poiché un sistema che superi le capacità umane potrebbe rappresentare una minaccia per il controllo umano e per la stabilità sociale, qualora non venisse regolamentato adeguatamente.

## **1.4 Impatto dell'Intelligenza Artificiale sulla società**

### **1.4.1 Impatto sul Lavoro e sull'Economia**

L'Intelligenza Artificiale sta rivoluzionando sia il mondo del lavoro che l'economia globale. Uno degli effetti più significativi dell'introduzione dell'AI nei contesti lavorativi è sicuramente la sostituzione del lavoro umano in settori ad alta intensità di manodopera, ad esempio nella produzione industriale, nella logistica e nei trasporti. Per quanto riguarda quest'ultimo settore, in un futuro non troppo lontano, veicoli autonomi potrebbero sostituire camionisti e autisti in molti ambiti del trasporto commerciale.

D'altra parte, in campo medico, l'AI ha dimostrato un grande potenziale per migliorare la diagnosi medica e il processo decisionale clinico. Gli algoritmi di apprendimento automatico possono analizzare grandi quantità di dati medici, come immagini di risonanza magnetica e risultati di esami di laboratorio, per individuare modelli e anomalie che potrebbero passare inosservati agli operatori sanitari. In particolare, l'AI è stata utilizzata per la diagnosi precoce di malattie come il cancro e il rilevamento della retinopatia diabetica nelle immagini del fundus, un esame diagnostico usato per studiare la parte posteriore del bulbo oculare.

Tuttavia, la portata dell'AI non si limita solo alle mansioni fisiche; infatti, essa ha trovato anche applicazione nel campo dell'istruzione per migliorare l'esperienza di apprendimento



degli studenti. Inoltre, i sistemi di tutoraggio basati sull'Intelligenza Artificiale possono fornire agli studenti un feedback istantaneo sulle loro risposte e suggerire risorse aggiuntive per aiutare e migliorare la comprensione in aree specifiche. Poche settimane fa, ha fatto discutere il caso a Londra dove è presente una classe senza insegnanti, guidata dall'Intelligenza Artificiale.

In generale, i progressi nell'elaborazione del linguaggio naturale e nelle reti neurali stanno portando alla sostituzione di ruoli anche in ambito cognitivo e amministrativo, come il supporto clienti, il settore legale e la contabilità.

Per quanto riguarda l'ambito economico a livello globale, l'adozione dell'AI potrebbe generare una crescita del PIL del 7.0% nell'arco di 10 anni, che sarebbe pari a circa 7 mila miliardi di dollari. Infatti, l'interesse nei confronti dell'IA ha già attirato cospicui investimenti da parte delle imprese.

### 1.4.2 Impatto nella vita quotidiana

L'Intelligenza Artificiale è ormai parte integrante della vita quotidiana di miliardi di persone, influenzando il modo con cui esse interagiscono con la tecnologia. Uno degli ambiti più d'impatto è l'uso di assistenti vocali intelligenti come Alexa (Figura 1.3), Google Assistant e Siri. Questi sistemi, sfruttando tecnologie di Natural Language Processing (NLP), consentono agli utenti di interagire con i dispositivi elettronici tramite comandi vocali. Essi permettono, anche, di gestire le case smart, di svolgere ricerche online, e molto altro, semplificando molte attività quotidiane.

Un altro modo in cui l'AI influisce nel quotidiano è con la tecnologia di riconoscimento facciale che sfruttiamo sia con le telecamere di videosorveglianza sia con le tecnologie tipo FaceID integrate negli smartphone.

Inoltre l'Intelligenza Artificiale è integrata nelle app di streaming, le quali hanno un sistema di raccomandazione che si basa sull'AI e utilizza la cronologia degli ascolti per offrire suggerimenti su ciò che si desidera guardare. Questi e molti altri casi di AI sono presenti nel quotidiano e, con il passare del tempo, sempre più attori sfrutteranno questa tecnologia per rendere le azioni che svolgiamo giornalmente sempre più comode e semplici.

### 1.4.3 Impatto Politico e Sociale

In ambito politico, l'AI apre straordinarie opportunità per migliorare efficienza e precisione nelle decisioni. Dall'analisi di enormi volumi di dati per orientare le politiche pubbliche all'ottimizzazione delle risorse, il suo potenziale è immenso. Tuttavia, questo potere tecnologico porta con sé dei rischi. Infatti l'avvento dell'AI solleva non poche questioni di efficacia tecnica; inoltre, pone la popolazione di fronte a un dilemma: come si possono bilanciare le straordinarie capacità analitiche dell'Intelligenza Artificiale con il giudizio umano? Essa, infatti, sta diventando un tema centrale nei dibattiti politici e sociali, poiché il suo utilizzo porta con sé sfide importanti che riguardano la regolamentazione, la sicurezza e l'uguaglianza sociale. I governi e le organizzazioni internazionali sono chiamati a sviluppare un quadro normativo adeguato per garantire che l'AI venga utilizzata in modo etico e sicuro.

Uno dei temi principali nell'arena politica è il *controllo sull'AI* e le implicazioni di una crescente automazione nei settori strategici. L'AI può essere utilizzata come strumento di potere geopolitico, poiché le nazioni che riusciranno a dominare le tecnologie AI avranno un vantaggio significativo in ambiti come la sicurezza nazionale, la difesa e l'economia. I Paesi come la Cina e gli Stati Uniti stanno investendo massicciamente nella ricerca e nello sviluppo di tecnologie AI per acquisire una leadership globale, portando a una corsa all'Intelligenza Artificiale paragonabile alla corsa agli armamenti del XX secolo. L'uso dell'AI per fini militari,

in particolare nei droni autonomi e nei sistemi di sorveglianza, solleva preoccupazioni sull'uso della forza automatizzata e sull'assenza di controllo umano nelle decisioni letali.

Dal punto di vista sociale, uno dei rischi più rilevanti è l'accentuazione delle disuguaglianze economiche e sociali. Inoltre, la crescente automazione potrebbe creare nuove disparità tra coloro che hanno accesso alle tecnologie avanzate e coloro che ne sono esclusi. Per affrontare queste sfide, diversi Paesi stanno implementando politiche di governance dell'AI, sviluppando regolamentazioni che promuovano un uso etico e trasparente delle tecnologie. L'Unione Europea, ad esempio, ha introdotto il Regolamento AI Act, che mira a limitare l'uso di sistemi di AI ad alto rischio, a garantire la trasparenza degli algoritmi e a proteggere i diritti fondamentali degli individui.

---

## Esperienze con Amazon Comprehend Medical

---

*Nel mondo della sanità odierna, la quantità di dati non strutturati presenti nelle cartelle cliniche, referti medici e altre documentazioni è in costante aumento. Per utilizzare e interpretare facilmente questi dati clinici sono necessari strumenti di elaborazione del linguaggio naturale (NLP). Nel seguente capitolo, esploreremo in dettaglio le caratteristiche principali di Amazon Comprehend Medical, un servizio cloud offerto da AWS che, utilizzando l'Intelligenza Artificiale, consente di analizzare e comprendere il linguaggio medico contenuto in testi non strutturati. Vedremo inoltre la sua architettura e il suo funzionamento, nonché alcuni casi di studio che evidenziano la sua efficacia in contesti reali.*

### 2.1 Introduzione a Amazon Comprehend Medical

Amazon Comprehend Medical è un tool di AWS che rileva e restituisce informazioni utili in testo clinico non strutturato come note mediche, riepiloghi delle dimissioni, risultati dei test e note sui casi.

AWS (Amazon Web Services) è la piattaforma di cloud computing offerta da Amazon, lanciata nel 2006. Si tratta di una delle soluzioni di cloud computing più diffuse al mondo. Essa fornisce un'ampia gamma di servizi e strumenti per lo sviluppo, l'archiviazione, la gestione e la distribuzione di applicazioni e infrastrutture IT. AWS offre servizi in aree come:

- *elaborazione dei dati* (tramite EC2)
- *storage* (tramite S3)
- *database* (ad esempio RDS)
- *intelligenza artificiale*
- *elaborazione del linguaggio naturale* (ad esempio Amazon Comprehend Medical e Amazon Comprehend)
- *Machine Learning*
- *Internet of Things (IoT)*

La piattaforma AWS è utilizzata da aziende di ogni dimensione e settore per sfruttare la scalabilità, la sicurezza e l'affidabilità del cloud, garantite dalla dislocazione dei data center in tutto il mondo.

### 2.1.1 Cos'è Amazon Comprehend Medical?

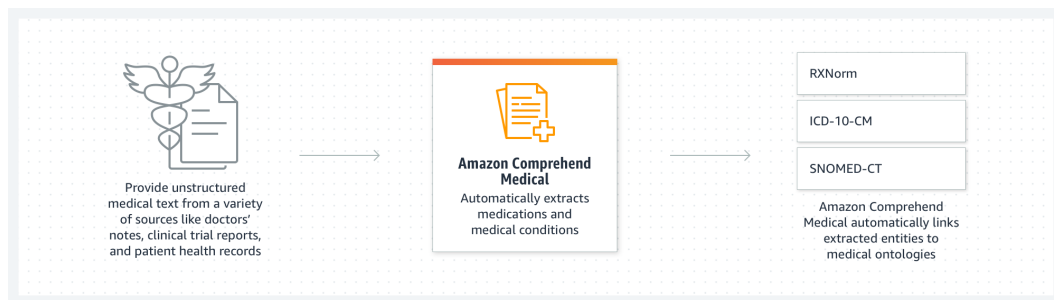
Amazon Comprehend Medical è un servizio di elaborazione del linguaggio naturale offerto da Amazon Web Services (AWS) che utilizza il Machine Learning per comprendere ed estrarre i dati sanitari da testo medico. Esso utilizza modelli di elaborazione del linguaggio naturale (NLP) per rilevare entità, che sono riferimenti testuali a informazioni mediche come condizioni mediche, farmaci o Protected Health Information (PHI). Attraverso l'uso dell'Intelligenza Artificiale, Amazon Comprehend Medical è in grado di riconoscere entità cliniche chiave, relazioni tra di esse e concetti specifici, come condizioni mediche, farmaci, dosaggi, trattamenti, procedure, risultati di laboratorio e molto altro.

### 2.1.2 Architettura di base e funzionamento

L'architettura di base di Amazon Comprehend Medical segue un approccio modulare di Machine Learning e Natural Language Processing (NLP), che sfrutta vari servizi di AWS (Figura 2.1).

L'input principale per Amazon Comprehend Medical è il testo non strutturato che può provenire da:

- *cartelle cliniche elettroniche (EHR);*
- *note cliniche;*
- *referti diagnostici;*
- *prescrizioni mediche;*
- *dati sanitari non strutturati;*



**Figura 2.1:** Struttura generale del funzionamento di Amazon Comprehend Medical

Dall'input vengono estratte le entità, che sono dei riferimenti testuali a informazioni mediche, come condizioni mediche, farmaci o informazioni Health protette (PHI). Da qui, le entità vengono collegate a ontologie standardizzate e vengono organizzate le relazioni logiche tra le entità. Dopo aver ricevuto le entità in input dal testo non strutturato, Amazon Comprehend Medical utilizza modelli di Machine Learning preaddestrati e specificamente ottimizzati per il contesto sanitario. Questi modelli NLP permettono:

- *Identificazione delle entità cliniche:* il sistema riconosce entità come malattie, sintomi, farmaci, dosaggi e procedure.
- *Analisi delle relazioni:* il sistema determina le relazioni tra le entità, ad esempio associando un farmaco ad un sintomo o ad un trattamento.

- *Rilevamento delle informazioni sanitarie protette (PHI)*: il sistema può riconoscere automaticamente le informazioni personali e sensibili per proteggere la privacy dei pazienti.

In particolare Amazon Comprehend Medical avvia una *pipeline di elaborazione* composta da più fasi, ovvero:

- *Tokenizzazione*: il testo viene suddiviso in componenti più piccoli, come frasi e parole.
- *Entity Recognition (NER - Named Entity Recognition)*: il modello identifica termini clinici e di contesto attraverso una classificazione basata su reti neurali.
- *Relational Extraction*: il sistema riconosce e organizza le relazioni logiche tra entità mediche, ad esempio un farmaco con il suo dosaggio.
- *PHI Detection*: viene avviata una fase dedicata per il riconoscimento delle informazioni protette, utile anche per garantire la conformità alle normative.

Il risultato finale è un insieme di dati strutturati che comprende le entità estratte, le loro relazioni, i dettagli di PHI e altre informazioni cliniche rilevanti.

### 2.1.3 Differenze tra Amazon Comprehend e Amazon Comprehend Medical

Amazon Comprehend e Amazon Comprehend Medical (ACM) sono entrambi servizi di elaborazione del linguaggio naturale offerti da AWS, ma differiscono per i loro casi d'uso e per le entità che riescono a riconoscere. A differenza di ACM infatti, Amazon Comprehend è un servizio di elaborazione del linguaggio naturale generico. Può essere utilizzato per analizzare testi di vario tipo, come articoli di notizie, recensioni di prodotti, post sui social media e molto altro. Non è specificamente progettato per il settore sanitario. Può riconoscere entità di tipo generico, come persone, organizzazioni, luoghi, eventi, date, etc.

Esso viene utilizzato per categorizzare il testo, rilevare il sentiment e fare un'analisi delle emozioni.

## 2.2 Funzionalità principali

### 2.2.1 Estrazione di entità mediche e concetti clinici

Amazon Comprehend Medical è progettato per identificare ed estrarre automaticamente entità mediche e concetti clinici dai testi non strutturati presenti nelle cartelle cliniche, nei referti medici e in altre documentazioni sanitarie. Utilizzando modelli di elaborazione del linguaggio naturale (NLP), il servizio analizza il testo clinico per rilevare concetti chiave, tra cui condizioni mediche, procedure, farmaci e informazioni sanitarie protette (PHI).

Le entità rilevate sono suddivise in diverse categorie, tra cui:

- *Anatomia*: riferimenti a parti del corpo e sistemi corporei.
- *Condizioni mediche*: diagnosi, sintomi e segni clinici.
- *Procedure e trattamenti*: test, trattamenti e procedure mediche.
- *Espressioni temporali*: informazioni relative al tempo, collegate ad altri concetti medici (ad esempio, "due settimane fa").
- *Farmaci*: inclusi nomi generici e di marca, dosaggio e modalità di somministrazione.

Inoltre, Amazon Comprehend Medical collega i concetti estratti a ontologie mediche standardizzate come *ICD-10-CM*, *RxNorm* e *SNOMED CT*. Queste forniscono codici formalizzati che permettono facilmente l'integrazione con sistemi sanitari elettronici.

### 2.2.2 Riconoscimento di farmaci, dosaggi e trattamenti

Amazon Comprehend Medical è particolarmente efficace nel riconoscere informazioni relative ai *farmaci*, come nomi generici o di marca, e dettagli sui *dosaggi* e sulle modalità di somministrazione. Utilizzando modelli di NLP, il servizio è in grado di identificare le seguenti informazioni:

- *Nome del farmaco*: riconosce sia i nomi generici che i nomi commerciali dei farmaci.
- *Dosaggio*: estrae informazioni sulla quantità di farmaco da somministrare (ad esempio, "20 mg").
- *Frequenza*: identifica la frequenza con cui il farmaco deve essere somministrato (ad esempio, "una volta al giorno").
- *Durata*: riconosce quanto a lungo il farmaco deve essere somministrato.
- *Forma*: identifica la forma fisica del farmaco (ad esempio, "compressa", "gocce", "pillole").
- *Metodo di somministrazione*: individua la modalità con cui il farmaco viene somministrato (ad esempio, "via orale", "endovena").

Questo riconoscimento molto efficiente permette il miglioramento del ciclo di vita dei farmaci nei sistemi sanitari, migliorando l'efficienza nei processi di prescrizione e somministrazione dei farmaci.

## 2.3 Implementazione pratica e analisi dei risultati

In questa sezione faremo analizzare ad Amazon Comprehend Medical alcuni casi clinici e vedremo come si comporta e se riconosce tutti gli elementi contenuti negli input scelti.

### 2.3.1 Primo caso clinico

Nel primo caso analizziamo il testo non strutturato relativo a una paziente donna di 72 anni che ha un'anamnesi che include un diabete e un'insufficienza renale cronica.

L'input completo che inseriremo è il seguente:

Paziente: Donna di 72 anni, ex impiegata amministrativa con anamnesi patologica remota che include:

- diabete mellito di tipo 2 diagnosticato nel 2015;
- insufficienza renale cronica allo stadio 3.

Si presenta oggi con affaticamento generalizzato e lieve dispnea.

HPI: Difficoltà a dormire da qualche giorno, prurito diffuso al tronco e agli arti, peggiorato con il caldo. Episodi ricorrenti di crampi muscolari alle gambe, soprattutto notturni.

Terapia farmacologica:

- Metformina 1000 mg, 1 compressa per os (per bocca) due volte al giorno.
- Ramipril 5 mg, 1 compressa per os (per bocca) al mattino.
- Lasix (furosemide) 40 mg, 1 compressa per os (per bocca) al mattino.

Esame obiettivo:

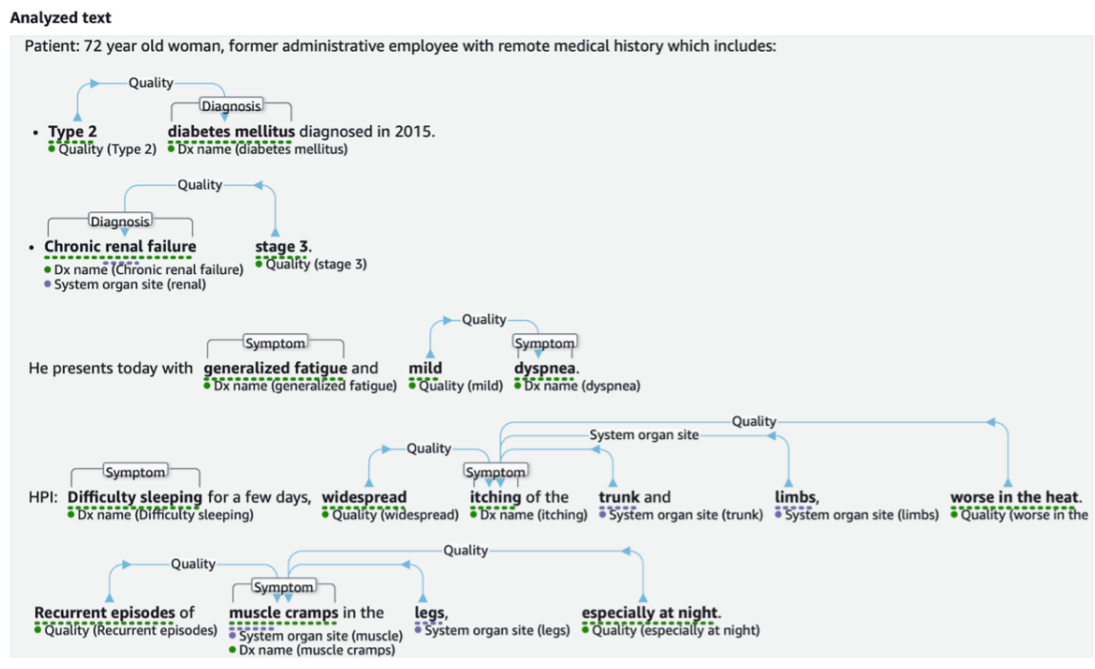
- HEENT: Mucose orali secche, senza lesioni visibili.
- Polmoni: Murmure vescicolare ridotto alla base destra.
- Cuore: Toni cardiaci regolari, soffio sistolico 2/6 a livello dell'apice.
- Cute: Dermatite maculopapulare estesa sul tronco e sulle braccia.

Dopo aver inserito questi dati, vediamo cosa ci restituisce in output Amazon Comprehend Medical.

Nella prima parte (Figura 2.2) vengono riconosciuti:

- il diabete mellito di tipo 2 diagnosticato nel 2015, con indicazione della qualità (Tipo 2) e la correlazione al sistema organico (malattia cronica);
- l'insufficienza renale cronica in stadio 3, collegata al sistema organico renale e alla specifica qualità della malattia.

I sintomi attuali vengono categorizzati in maniera dettagliata, evidenziando l'affaticamento generalizzato e la lieve dispnea. Anche i sintomi più complessi, come l'insonnia, il prurito diffuso al tronco e agli arti, i crampi muscolari e la loro ricorrenza notturna vengono tracciati e collegati alle specifiche parti del corpo. Viene riconosciuta, anche, la qualità dei crampi, come, ad esempio, il fatto che essi siano notturni e peggiorino con il caldo.



**Figura 2.2:** Output generato da Amazon Comprehend Medical per il primo esempio (prima parte)

Nella seconda e terza parte (Figura 2.3 e 2.4) viene compresa la terapia farmacologica. Nelle figure, infatti, possiamo vedere come Amazon Comprehend Medical ha estratto correttamente i farmaci: Metformina, Ramipril, e Lasix (furosemide), indicando dosaggi e frequenze come parte della terapia farmacologica corrente del paziente. Inoltre, viene identificato l'esame fisico che include diverse parti del corpo:

- HEENT (Testa, occhi, orecchie, naso e gola): viene evidenziata la presenza di mucose orali secche senza lesioni visibili.

- Polmoni: si riscontra un murmure vescicolare ridotto alla base destra, con indicazione precisa del luogo (base destra).
- Cuore: la presenza di toni cardiaci regolari e di un soffio sistolico (grado 2/6) a livello dell'apice è evidenziata, mostrando una corretta correlazione con il sistema organico.
- Cute: viene descritta la presenza di una dermatite maculopapulare estesa su tronco e braccia.

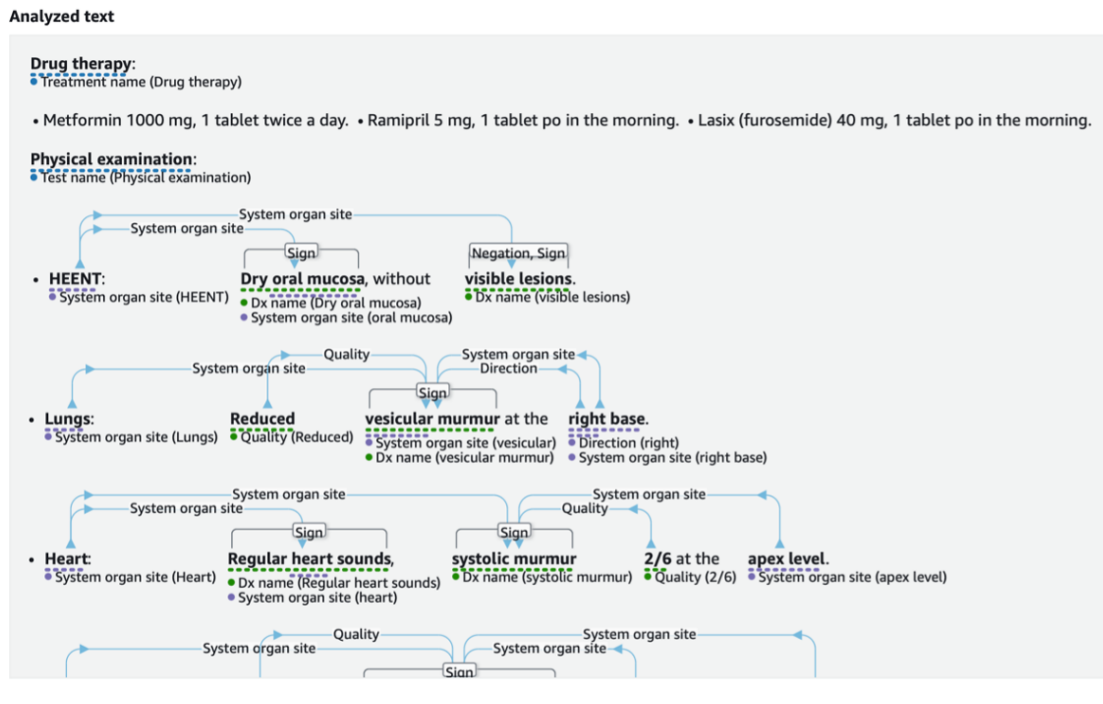


Figura 2.3: Output generato da Amazon Comprehend Medical per il primo esempio (seconda parte)



Figura 2.4: Output generato da Amazon Comprehend Medical per il primo esempio (terza parte)

Facendo riferimento ai concetti compresi (Figure 2.5 e 2.6) possiamo concludere che Amazon Comprehend Medical ha fornito un'estrazione dettagliata e precisa delle informazioni cliniche contenute nel testo, categorizzando efficacemente i dati. Esso ha identificato correttamente le diagnosi e i sintomi, nonché la terapia e i risultati dell'esame fisico, collegando ogni elemento al rispettivo sistema organico e specificando la qualità dei sintomi o delle condizioni. Quindi, considerando la facilità del caso clinico proposto, possiamo dire che i risultati sono conformi e validi, con un'ottima scomposizione del linguaggio medico.



Find concepts/entities < 1 2 3 4 5 6 7 ... 15 > ⚙️

### diabetes mellitus

Top inferred concepts

44054006	Diabetes mellitus type 2 (disorder)	Score: 0.9726
73211009	Diabetes mellitus (disorder)	Score: 0.8334
422014003	Disorder due to type 2 diabetes mellitus (disorder)	Score: 0.7370
237599002	Insulin treated type 2 diabetes mellitus (disorder)	Score: 0.6739
1481000119100	Diabetes mellitus type 2 without retinopathy (disorder)	Score: 0.6595

▶ More information

### Type 2

Top inferred concepts

258195006	Type 2 (qualifier value)	Score: 0.9767
44054006	Diabetes mellitus type 2 (disorder)	Score: 0.6431
258199000	Type 3 (qualifier value)	Score: 0.4444
258393007	Class 2 (qualifier value)	Score: 0.4235
410657003	Type (attribute)	Score: 0.4153

▶ More information

**Figura 2.5:** Concetti principali compresi da Amazon Comprehend Medical riguardanti il primo esempio (prima parte)

### Chronic renal failure

Top inferred concepts

433144002	Chronic kidney disease stage 3 (disorder)	Score: 0.8553
90688005	Chronic renal failure syndrome (disorder)	Score: 0.6260
425369003	Chronic progressive renal failure (disorder)	Score: 0.6066
709044004	Chronic kidney disease (disorder)	Score: 0.5550
431857002	Chronic kidney disease stage 4 (disorder)	Score: 0.4964

▶ More information

### renal

Top inferred concepts

64033007	Kidney structure (body structure)	Score: 0.7521
17373004	Both kidneys (body structure)	Score: 0.1112
18639004	Left kidney structure (body structure)	Score: 0.0905
303402001	Vascular structure of kidney (body structure)	Score: 0.0730
2841007	Structure of renal artery (body structure)	Score: 0.0693

▶ More information

**Figura 2.6:** Concetti principali compresi da Amazon Comprehend Medical riguardanti il primo esempio (seconda parte)

### 2.3.2 Secondo caso clinico

Nel secondo esempio analizziamo un caso clinico riguardante una donna di 68 anni. In questo caso l'input è scritto in modo ancor meno strutturato rispetto al precedente esempio.

“Mi arriva una donna di 68 anni, caucasica, 67 Kg, 1,60 m, tachipnoica e tachicardica che lamenta dispnea tosse secca quando sale le scale. Faremo subito un RX del torace che evidenzierà degli ispessimenti. Seguirà la spirometria. Si evidenzierà un TLC (total lung capacity) ridotta a 2.32 litri, contro un valore normale di 4.7 poiché la donna lavora con metà polmone (polmone coarto del 50%). Vi è anche una capacità vitale forzata (FVC) (aria ispirata in una inspirazione profonda) ridotta al 59%. Il rapporto FEV1/FVC è utile per la diagnosi per BPCO qualora sia sotto il 70%, ma qui sta sopra e dunque permette di escludere la BPCO; i volumi sono tutti ridotti per cui le percentuali restano uguali (espira bene ma c'è meno aria da espirare). Il valore di riferimento sarebbe il 76% mentre questa c'ha il 90% di FEV1/FVC dunque espira bene ma in modo ridotto. La DLCO dovrebbe essere di 20.7 ml/min ma è solo di 4.4 ml/min e ciò indica una barriera aria-sangue ispessita poiché i tempi di scambio sono 5 volte più lunghi. Da un punto di vista radiologico la situazione sarà la seguente: si potrà vedere questo aspetto flocculato bilaterale. In questo caso si tratta di una alveolite fibrosante bilaterale che si può scambiare per una comune polmonite e se uno guarda bene l'interstizio capisce che questa è una polmonite con andamento interstiziale con un addensamento bilaterale, flocculare con una caratteristica evoluzione di fibrosi polmonare.”

Nella prima parte dell'output generato (Figure 2.7 e 2.8), il sistema ha riconosciuto correttamente l'età (68 anni), il genere (donna), l'etnia (caucasica), e le misure fisiche della paziente (67 kg, 1,60 m). Ha, inoltre, identificato con precisione sintomi di tachipnea e tachicardia, associati alla diagnosi di partenza. Tra i sintomi e i test diagnostici identificati abbiamo che:

- La dispnea e la tosse secca quando la paziente sale le scale, sono state correttamente estratte.
- Il riferimento alla radiografia del torace per valutare ispessimenti polmonari è evidenziato in modo chiaro. Le informazioni relative ai volumi polmonari misurati dalla spirometria sono state dettagliate correttamente, con il TLC (capacità polmonare totale) ridotto a 2.32 litri rispetto al normale di 4.7 litri.
- La riduzione dell' FVC (capacità vitale forzata) al 59% viene ben documentata e collegata all'anatomia e fisiologia polmonare.
- Il valore della DLCO (capacità diffusiva del polmone per il monossido di carbonio) è stato anch'esso ben identificato, con una riduzione a 4.4 ml/min che indica un ispessimento della barriera aria-sangue.

Molto interessante è il fatto di come il sistema abbia escluso correttamente la BPCO, con il rapporto FEV1/FVC al 90%, ben sopra il limite del 70%, e la correlazione ai volumi ridotti pur con una buona espirazione.

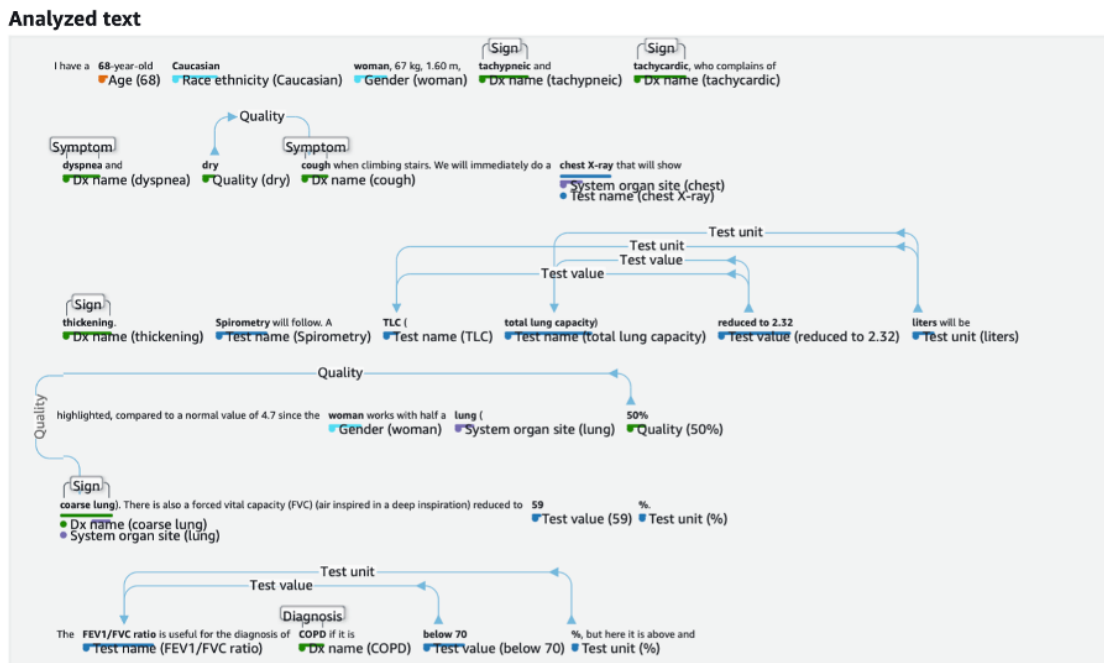


Figura 2.7: Output generato da Amazon Comprehend Medical per il secondo esempio (prima parte)

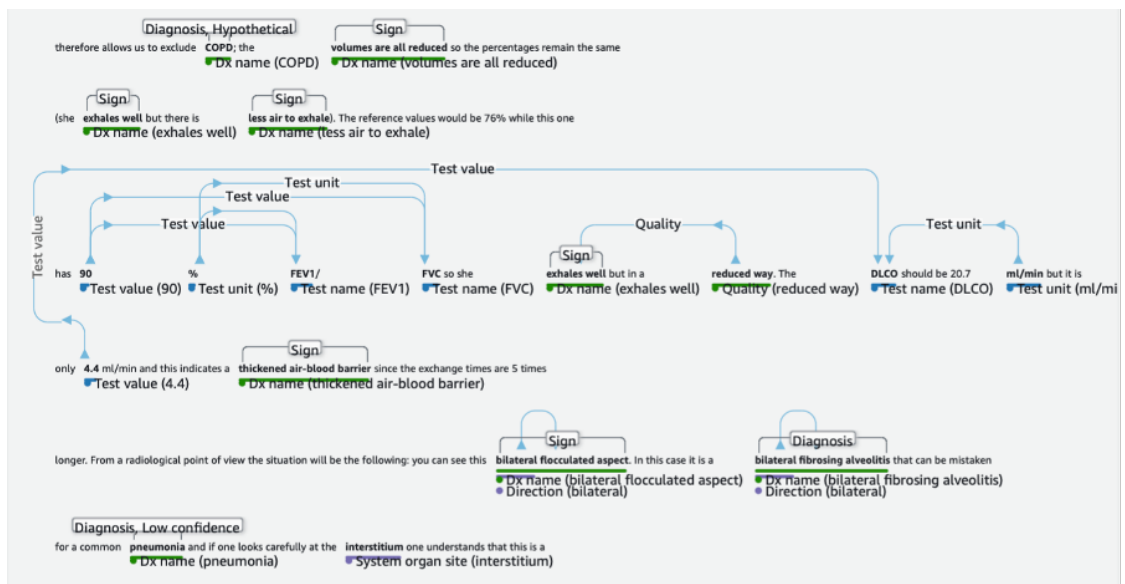
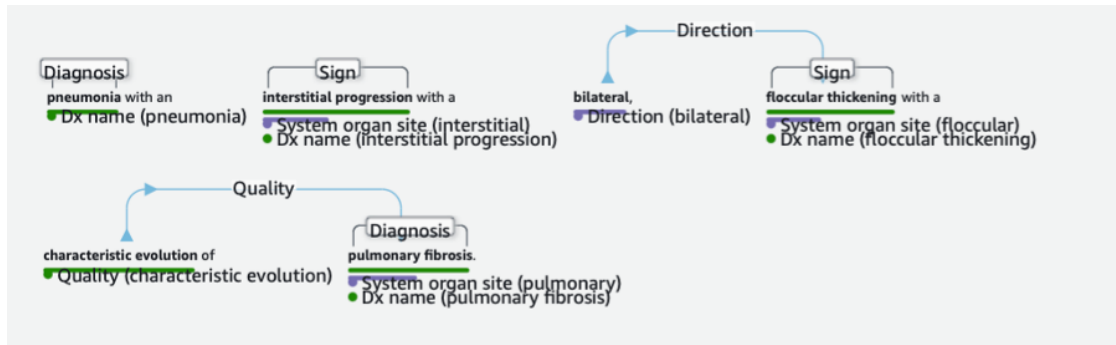


Figura 2.8: Output generato da Amazon Comprehend Medical per il secondo esempio (seconda parte)

Nell'ultima parte dell'output generato (Figura 2.9) il sistema ha riconosciuto correttamente la fibrosi alveolare bilaterale, con un aspetto radiografico descritto come flocculato e la possibilità di confonderla con una polmonite. Viene riportata l'importante distinzione della alveolite fibrosante bilaterale, con un riferimento all'evoluzione interstiziale e alla possibile progressione verso fibrosi polmonare.



**Figura 2.9:** Output generato da Amazon Comprehend Medical per il secondo esempio (terza parte)

Complessivamente, Amazon Comprehend Medical ha mostrato una buona capacità di identificare e collegare le informazioni cliniche. I sintomi principali e i risultati dei test (come spirometria e DLCO) sono stati accuratamente identificati e strutturati. Inoltre, il sistema è riuscito a catturare dettagli complessi, come la capacità ridotta dei polmoni e i segni radiografici, e a fornire una struttura ben organizzata che può essere utilizzata per ulteriori analisi cliniche.

### 2.3.3 Terzo caso clinico

Consideriamo un ulteriore esempio e inseriamo:

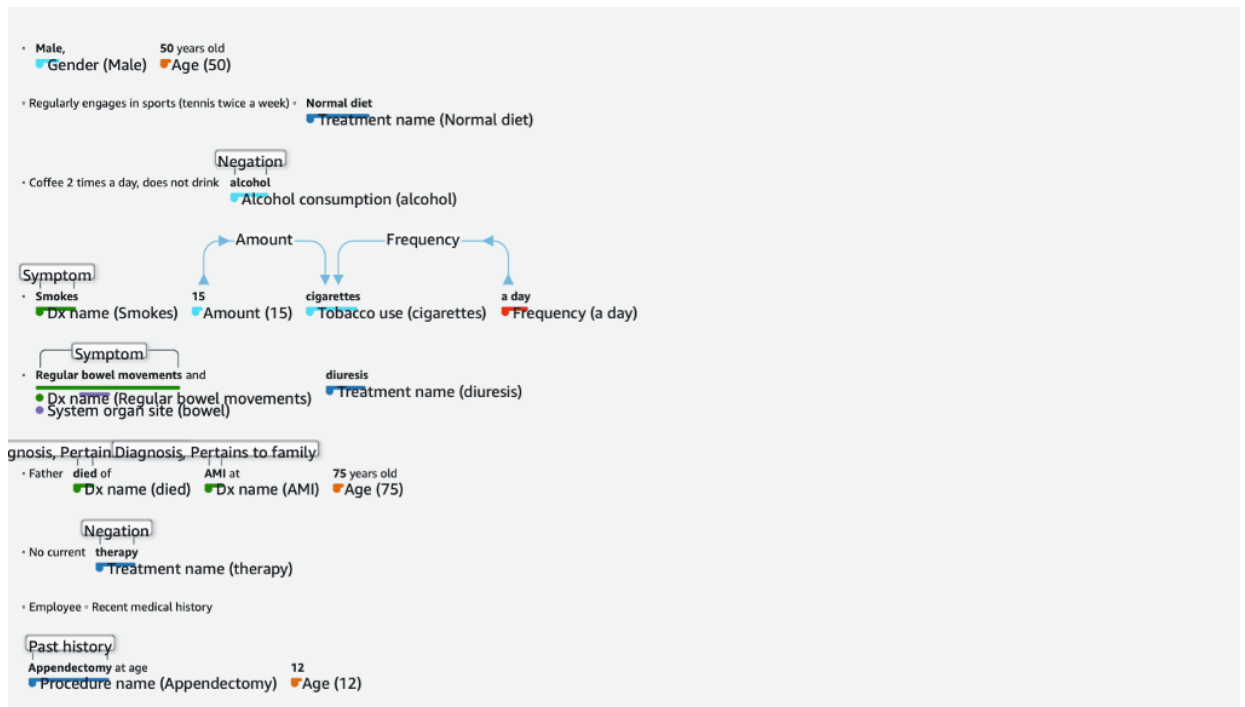
- Maschio, 50 anni
- Svolge attività sportiva regolare (tennis 2 volte la settimana)
- Alimentazione normale
- Caffè 2 al di, non assume alcolici
- Fuma 15 sigarette al di
- Alvo e diuresi regolari
- Padre deceduto per IMA a 75 anni
- Nessuna terapia in atto
- Impiegato

Anamnesi patologica remota: Appendicectomia all'età di 12 anni

Motivo del ricovero: il paziente si è svegliato verso le 6.00 con una sensazione di bruciore in epigastrio seguita da senso di oppressione della durata inferiore a 5 minuti, non associato a sintomi neurovegetativi né irradiato. Il paziente si è quindi recato al lavoro quando all'improvviso è ricomparso intenso senso di oppressione toracica associato a difficoltà respiratoria. Spaventato ha quindi deciso di recarsi in Pronto soccorso.

La prima parte dell'output generato da Amazon Comprehend Medical (Figura 2.10) ha estratto e classificato diverse entità mediche come:

- genere ("Maschio") ed età del paziente (50 anni);
- stile di vita, in particolare ha compreso le abitudini come le 15 sigarette al giorno e l'attività fisica come il tennis 2 volte a settimana;
- storia familiare, ovvero la morte del padre a causa di un infarto miocardico acuto;
- anamnesi remota, ovvero la precedente appendicectomia eseguita all'età di 12 anni.



**Figura 2.10:** Output generato da Amazon Comprehend Medical per il terzo esempio (prima parte)

Nella seconda parte (Figura 2.11) vengono riconosciuti i motivi del ricovero e l'evoluzione dei sintomi. Il sistema riconosce i principali sintomi presentati dal paziente al momento del ricovero: bruciore epigastrico e senso di oppressione toracica. Inoltre, viene notata l'assenza di sintomi neurovegetativi e che il dolore non era irradiato. Per quanto riguarda i sintomi, viene riconosciuto un intenso senso di oppressione toracica seguito da difficoltà respiratoria.

Il modello è riuscito a catturare con precisione le principali entità mediche del testo, come i sintomi, le abitudini, la storia familiare e le terapie, distinguendo tra informazioni attuali e remote. Inoltre, l'output generato è ben strutturato, con una chiara rappresentazione delle entità e delle relazioni tra esse. Ci sono, però, alcuni punti meno efficaci nella rappresentazione, come l'uso di terminologie tecniche non sempre intuitive (ad esempio "Dx name" per indicare i sintomi).

In generale, l'output risulta comunque molto utile per organizzare e comprendere le informazioni cliniche in modo chiaro e strutturato, facilitando l'interpretazione da parte di un eventuale medico.

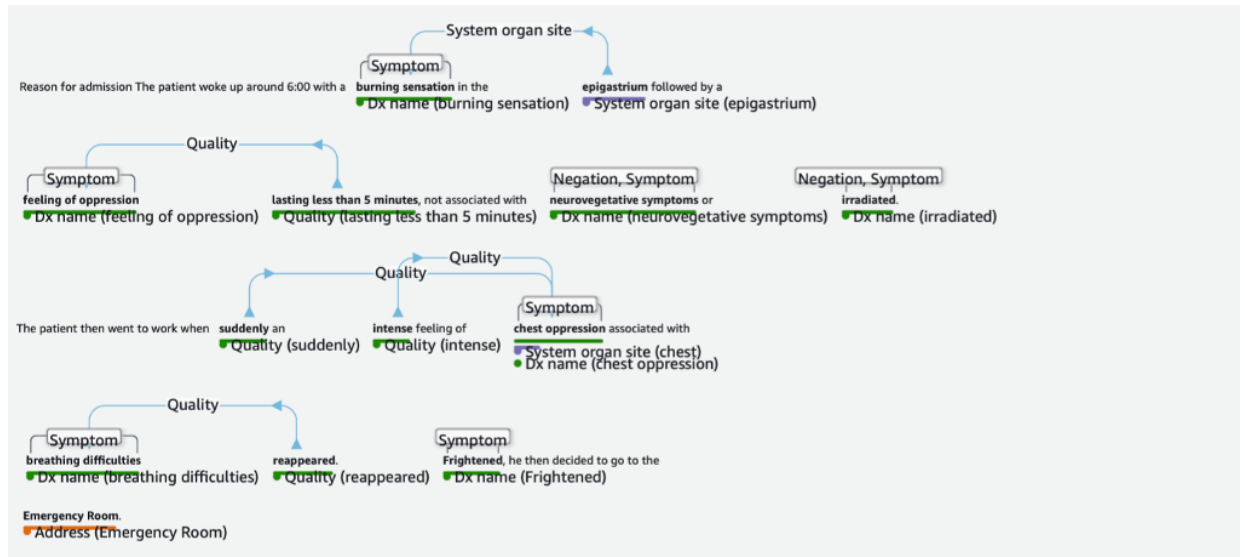


Figura 2.11: Output generato da Amazon Comprehend Medical per il terzo esempio (seconda parte)

### 2.3.4 Quarto caso clinico

Come quarto caso clinico mettiamo ulteriormente alla prova Amazon Comprehend Medical. Infatti, prendiamo un input molto più lungo e, soprattutto, più complesso; in questo modo possiamo vedere quanti dati riesce a cogliere il tool.

Anamnesi:

- Ipertensione severa (PA 250/120 mmHg) e vomito in donna di 80 anni
- Diabete mellito nato dal '97 in terapia insulinica da due anni
- Vasculopatia carotidea in terapia anti-aggregante
- Arteriopatia obliterante periferica stadio IIa
- La paziente negava di essere stata ipertesa!

Una giornata di osservazione e giorni dopo (in successione):

- Ha ipokaliemia (3,1 mEq/l)
- Creatinina 1,4 mg/dl, filtrato di 38
- Dal profilo di EGA: Riduzione di PO<sub>2</sub> (55,9), PCO<sub>2</sub> (54,8), probabilmente Wirsung dilatato, rene sx di dimensioni ridotte e malruotato (probabilmente per una malformazione dalla nascita)
- Gli danno un Karvea (Sartani) a dosaggio pieno (300mg) insieme a Lobivon (B-bloccante), Adalat (inibisce canali voltaggio dipendenti del Ca<sup>++</sup>), Plasil (antiemetico) e un furosemide (diuretico dell'ansa)
- Addome globoso
- Soffio alla punta
- Afigmia, iposfigmia a livello degli arti inferiori
- La pressione si mantiene, c'è una differenza tra le due braccia ma non molto significativa
- Hb buona (HB sta per emoglobina)

- La creatinina va a 2,4 e il filtrato si riduce ulteriormente ma si mantiene la ipokaliemia
- Hb glicata 7,2 abbastanza buona (diabete compensato)
- Proteinuria, Scompenso cardiaco
- Emocultura positiva per infezione alle vie urinarie
- Con la terapia la pressione crolla a 110/60
- La creatinina arriva fino a 3

L'ipopotassiemia e la vasculopatia rendevano sospetto di ipertensione nefrovascolare. L'ipertensione probabilmente non l'aveva mai misurata perché aveva una stenosi emodinamicamente significativa a livello dell'arteria renale dx che causa ipertensione arteriosa secondaria nefrovascolare di grado III con un rene sx di ridotte dimensioni all'ecografia, che già aveva. La patologia vascolare andava avanti da molto tempo, Insufficienza renale cronica dovuta anche al danno del rene controlaterale per l'ipertensione. La paziente è obesa. Arteriografia (rileva patologie vascolari): rene non vascolarizzato, completamente andato, e un altro stenotico, molte placche aterosclerotiche.

Cura:

La paziente è stata messa a dieta, abbiamo lasciato il calcio-antagonista, un po' di B-bloccante, abbiamo dato un'antiaggregante per ridurre la stenosi nell'unico rene funzionante, farmaco per ridurre colesterolo

- PA (Pressione arteriosa) in miglioramento in assenza del Sartano, che è stato tolto
- La creatinina è diminuita

Nella prima parte dell'output generato (Figura 2.12), il sistema ha identificato correttamente l'ipertensione severa con valori di pressione sanguigna (BP) di 250/120 mmHg, oltre al vomito in una paziente di 80 anni. Anche il diabete mellito, con una data di inizio (1997) e la terapia insulinica in corso da due anni, è estratto correttamente. La vasculopatia carotidea e la arteriopatia obliterante periferica allo stadio IIa sono segnalate, inclusa la terapia antiaggregante.

Nella seconda parte (Figura 2.13) si ha l'identificazione dell'ipokaliemia (potassio basso) con un valore di 3,1 mEq/l, e della creatinina elevata a 1,4 mg/dl, con una ridotta capacità di filtrazione. L'EGA (Emogasanalisi) ha mostrato una riduzione di PO<sub>2</sub> e PCO<sub>2</sub>, identificata come anomalia respiratoria. Inoltre, vengono riconosciuti correttamente anche il Wirsung dilatato e il rene sinistro di dimensioni ridotte e malruotato. Nella seconda parte troviamo anche il trattamento farmacologico con particolari dettagli riguardanti i farmaci somministrati, come il Karvea, Lobivon, Adalat, Plasil e furosemide.

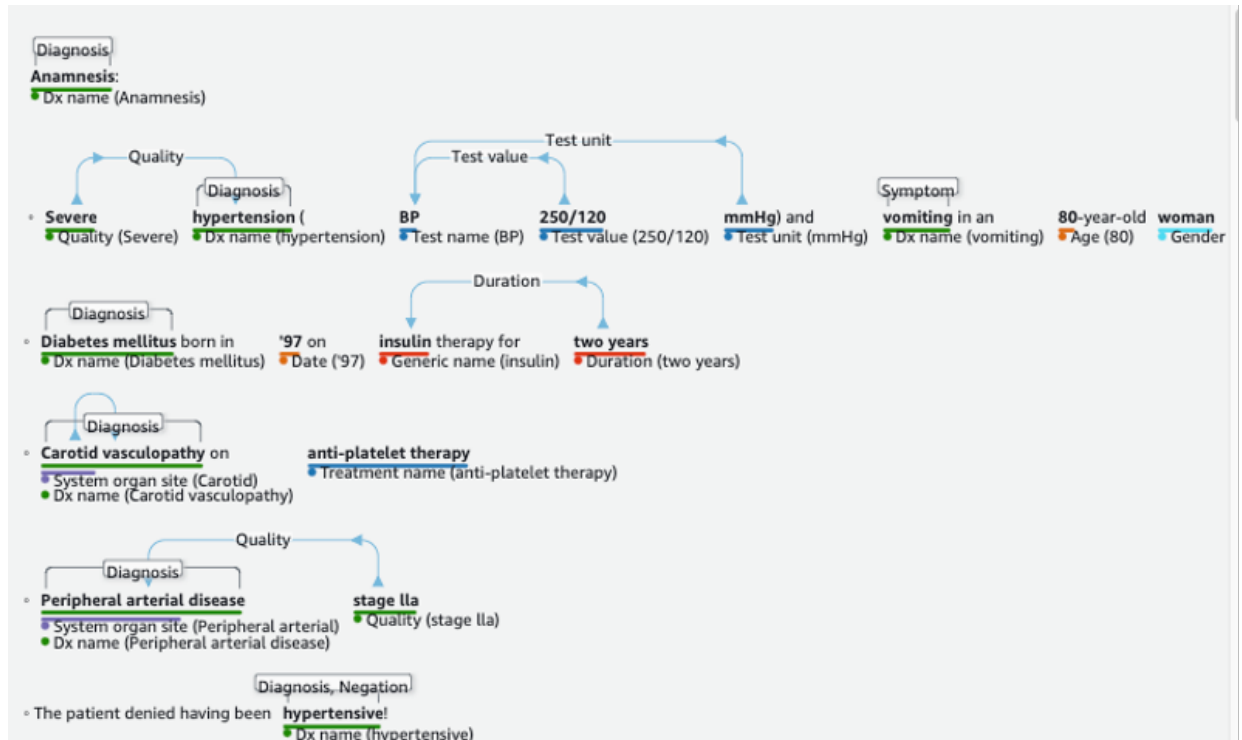


Figura 2.12: Output generato da Amazon Comprehend Medical per il quarto esempio (prima parte)

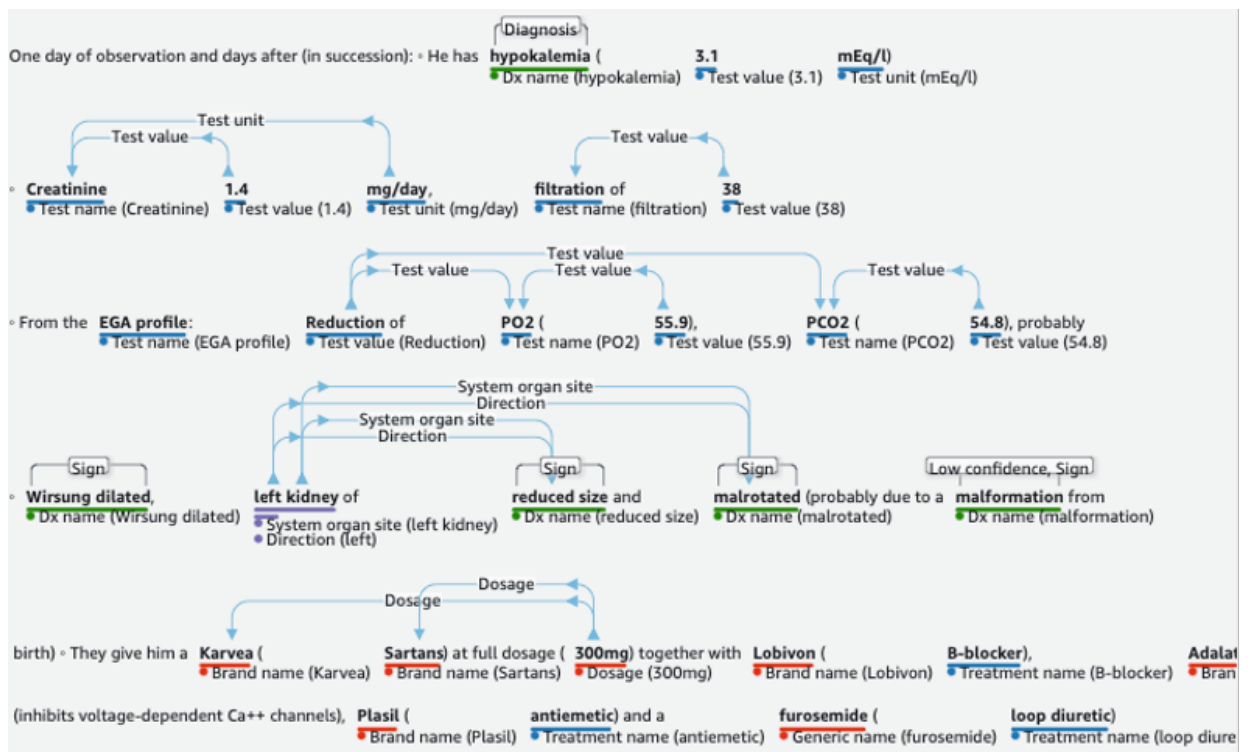


Figura 2.13: Output generato da Amazon Comprehend Medical per il quarto esempio (seconda parte)

Nella terza e quarta parte (Figure 2.14 e 2.15) vengono identificati:

- l'addome globoso;
- un soffio cardiaco alla punta del cuore;



- segni di asfissia e iposfigmia negli arti inferiori;
- differenza di pressione tra le due braccia che potrebbe indicare patologie vascolari;
- la proteinuria e lo scompenso cardiaco;

Viene, inoltre, identificata l'evoluzione della creatinina, aumentata fino a 2,4 mg/dl, con ulteriore riduzione della capacità di filtrazione.

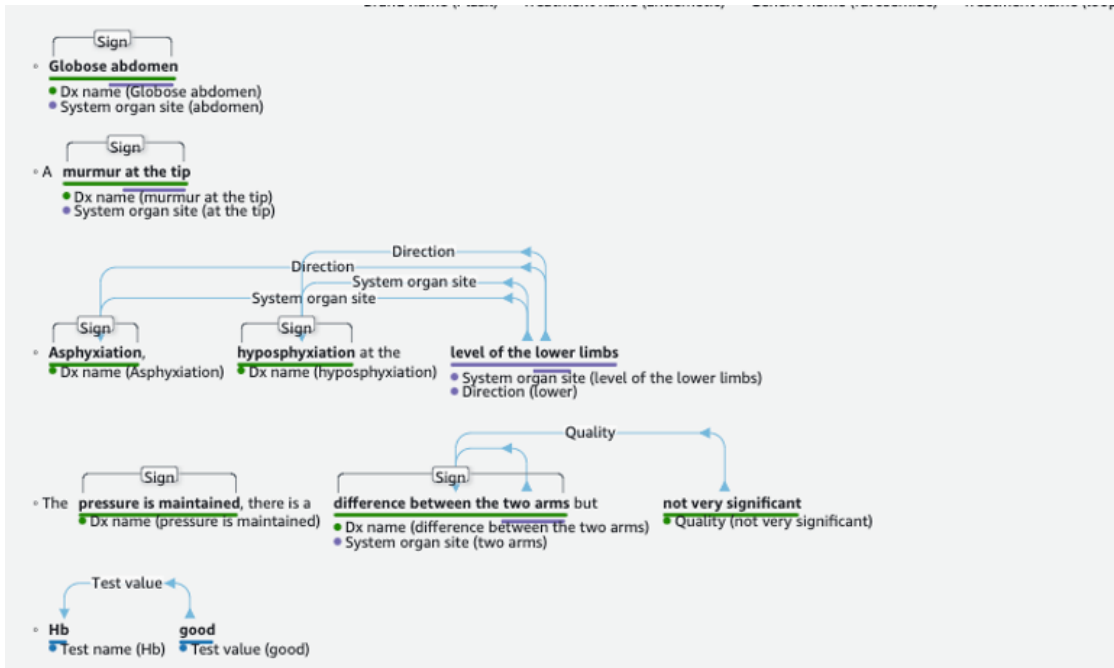


Figura 2.14: Output generato da Amazon Comprehend Medical per il quarto esempio (terza parte)

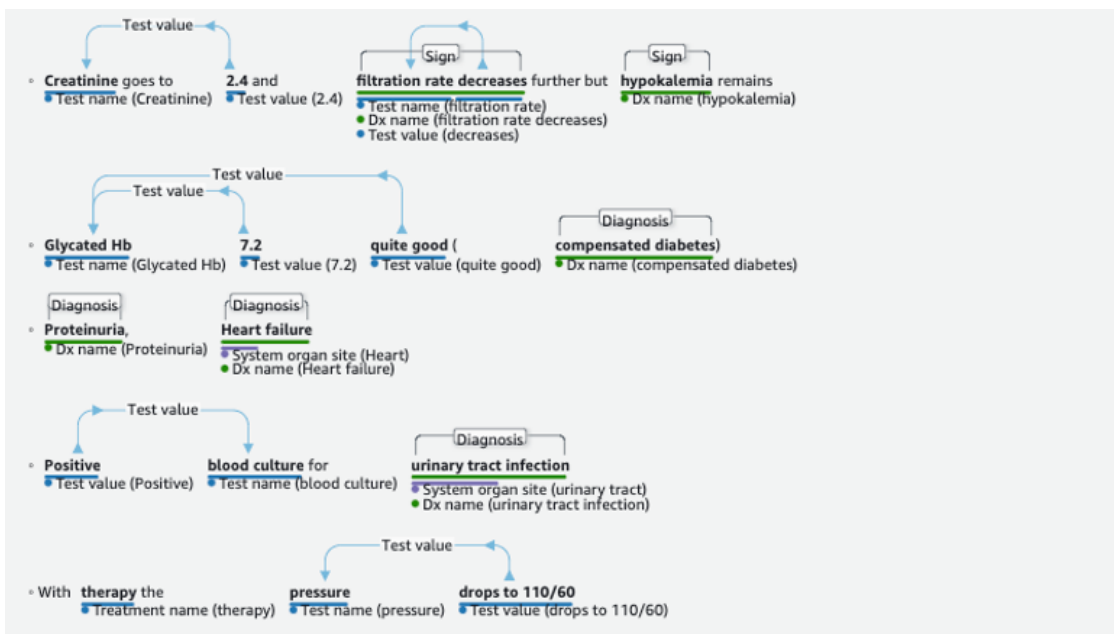


Figura 2.15: Output generato da Amazon Comprehend Medical per il quarto esempio (quarta parte)

Nella quinta, sesta e settima parte dell'output generato (Figure 2.16, 2.17 e 2.18) vengono analizzati alcuni concetti chiave, come:

- creatinina elevata fino a 3, che è indicata come un valore critico;
- Ipokaliemia, che viene associata a sospetto di ipertensione nefrovascolare;
- sospetto di vasculopatia, che solleva il sospetto di ipertensione renovascolare;
- stenosi emodinamicamente significativa nell'arteria renale destra, che porta a ipertensione arteriosa secondaria.

Sono evidenziati anche miglioramenti della pressione sanguigna e della creatinina una volta che è stato rimosso il Sartano.

In tutti e quattro i casi clinici, in particolare con questo input, Amazon Comprehend Medical ha dimostrato di essere capace di identificare in modo preciso concetti chiave all'interno di documenti medici non strutturati. Esso è riuscito a trasformare gli input in una rappresentazione chiara e strutturata identificando:

- *Diagnosi*: il tool ha riconosciuto diverse diagnosi come insufficienza renale cronica, ipertensione, stenosi e malformazioni.
- *Analisi dei test clinici*: Comprehend Medical ha identificato correttamente valori di laboratorio come creatinina e livelli di gas nel sangue come PO<sub>2</sub> e PCO<sub>2</sub>.
- *Trattamenti e farmaci*: l'algoritmo ha identificato con precisione i trattamenti farmacologici, tra cui B-bloccanti e antiemetici, associando ciascun farmaco con il suo dosaggio specifico e le indicazioni cliniche.

Questo risultato evidenzia come l'Intelligenza Artificiale e l'elaborazione del linguaggio naturale possono interpretare grandi volumi di dati clinici, supportando medici e operatori sanitari.

## 2.4 Vantaggi e limitazioni

### 2.4.1 Benefici nella gestione dei dati sanitari

L'uso di Amazon Comprehend Medical per la gestione dei dati sanitari offre molteplici vantaggi. Infatti, essendo capace di estrarre automaticamente informazioni rilevanti da documenti clinici non strutturati, permette di:

- *Risparmiare tempo per medici e operatori sanitari*, poichè consente di ridurre il tempo che operatori sanitari e ricercatori impiegano nell'estrarre i dati utili partendo da informazioni non strutturate.
- *Strutturare dati non strutturati*, facilitando l'integrazione nei sistemi di cartelle cliniche elettroniche.
- *Supportare la ricerca clinica*, fornendo dati organizzati e migliorando la qualità delle decisioni cliniche.

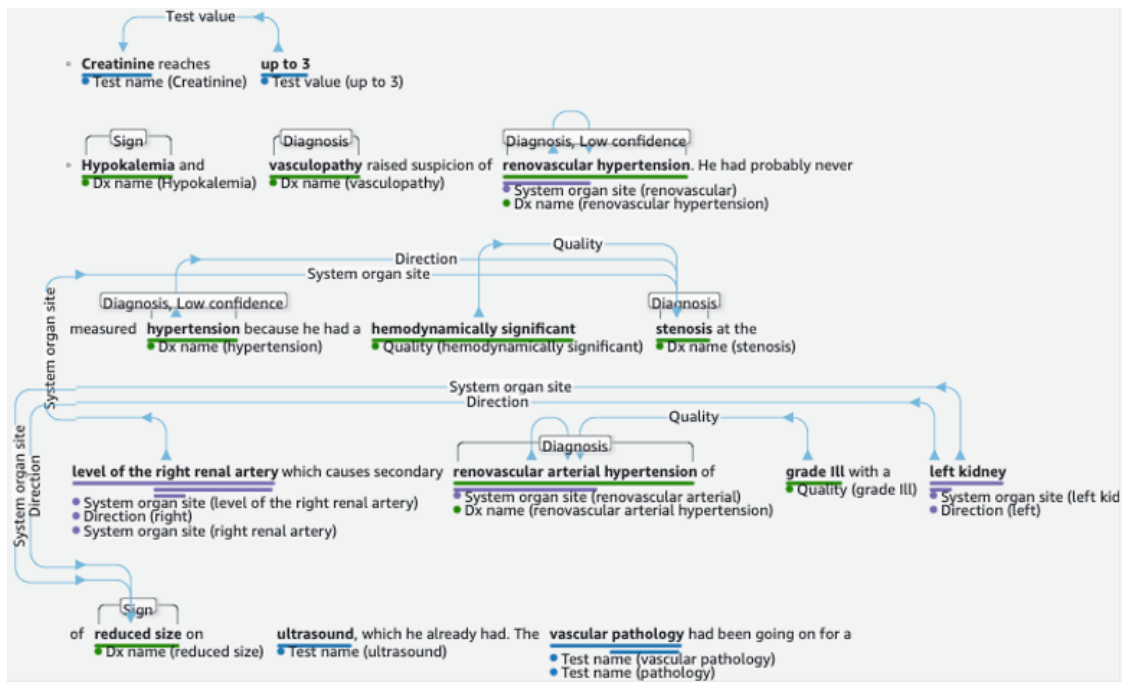


Figura 2.16: Output generato da Amazon Comprehend Medical per il quarto esempio (quinta parte)

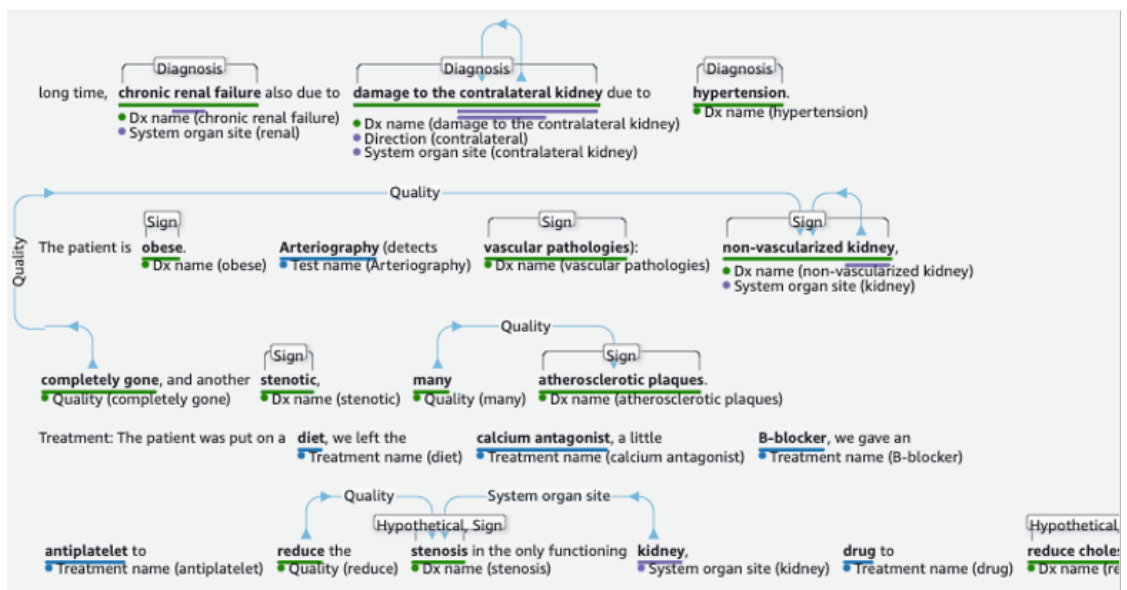


Figura 2.17: Output generato da Amazon Comprehend Medical per il quarto esempio (sesta parte)



Figura 2.18: Output generato da Amazon Comprehend Medical per il quarto esempio (settima parte)

### 2.4.2 Limitazioni e criticità nei casi clinici complessi

Nonostante i benefici visti in precedenza, ci sono alcune limitazioni nell'utilizzo di Amazon Comprehend Medical. Ciò riguarda soprattutto i casi clinici più complessi, dove sono presenti molteplici problemi come:

- *Difficoltà nel riconoscimento di diagnosi non comuni*: malattie rare e situazioni cliniche complesse potrebbero non essere identificate, portando ad una schematizzazione errata.
- *Dipendenza dalla qualità dei dati*: l'accuratezza dell'output generato dipende dalla qualità della documentazione medica fornita. Errori presenti in quest'ultima possono generare analisi errate o poco chiare.
- *Limitata capacità di ragionamento*: nonostante l'algoritmo riesca a riconoscere e identificare diagnosi, trattamenti e farmaci, esso non riesce a collegare i dati compresi, e quindi non riesce a fornire una valutazione complessiva del caso, come farebbe un medico umano.

## 2.5 Opportunità future

L'Intelligenza Artificiale può diventare un partner sempre più rilevante per i medici, fornendo analisi predittive e migliorando la precisione diagnostica.

### 2.5.1 Aumento delle capacità di diagnosi assistita

Il futuro di Amazon Comprehend Medical sta nell'integrazione con tecnologie di diagnosi assistita. In questo modo non sarebbe più un'utopia avere un medico affiancato da un'AI. I miglioramenti futuri potrebbero consentire:

- *Diagnosi più accurate*: con l'addestramento continuo dell'algoritmo con dati clinici reali si potranno ottenere analisi più corrette e capaci di comprendere anche nuove patologie e trattamenti.
- *Suggerimenti dei trattamenti*: l'Intelligenza Artificiale potrebbe suggerire trattamenti personalizzati in base ai dati del singolo paziente, analizzando i dati compresi in precedenza.
- *Analisi predittive*: avendo un grande storico di dati clinici, Amazon Comprehend Medical potrebbe suggerire probabili evoluzioni o complicazioni della malattia, fornendo ai medici dei consigli utili per l'intervento precoce.

### 2.5.2 Integrazione con altri servizi AI nel cloud

Per riuscire ad ottenere i risultati di cui abbiamo parlato nella sezione precedente, una soluzione potrebbe essere l'integrazione di Amazon Comprehend Medical con altri servizi nel cloud. Questa integrazione potrebbe comprendere:

- *Amazon SageMaker*: un servizio di Machine Learning con il quale si possono creare e addestrare modelli di Machine Learning; l'integrazione con tale servizio potrebbe fornire un'analisi più completa.
- *Amazon Lex*: un servizio di cui parleremo più avanti che permette di creare chatbot e assistenti vocali. Integrandolo si potrebbero sviluppare sistemi di assistenza sanitaria remota efficaci e interattivi.

- *Amazon Fraud Detector*: questo e altri servizi permettono di garantire la sicurezza a tutti i tipi di sistemi informatici. Dal punto di vista medico, un'eventuale integrazione con esso potrebbe garantire che i dati sanitari siano protetti da accessi non autorizzati, rispettando tutte le normative sanitarie.

---

## Esperienze con Amazon Lex

---

*In questo capitolo verranno approfondite le principali caratteristiche di Amazon Lex, il servizio di AWS che consente di creare interfacce conversazionali intelligenti per applicazioni che utilizzano voce e testo. Partiremo con una panoramica su cos'è Amazon Lex, esplorando le sue funzionalità di comprensione del linguaggio naturale (Natural Language Understanding - NLU) e riconoscimento vocale automatico (Automatic Speech Recognition - ASR), per poi analizzarne l'architettura, che si basa su elementi chiave come gli intenti, le utterance e gli slot.*

*Successivamente, confronteremo Amazon Lex con altre piattaforme di chatbot, evidenziandone i vantaggi, come l'integrazione nativa con l'ecosistema AWS, e le limitazioni, quali il supporto linguistico limitato e la mancanza di memoria conversazionale.*

*Il capitolo includerà anche una sezione dedicata all'implementazione pratica di un chatbot, chiamato WorkoutRoutine, che permette di generare routine di allenamento giornaliere o settimanali, sfruttando l'integrazione con Amazon Lambda per gestire le logiche di backend.*

*Infine, analizzeremo i vantaggi e le limitazioni di Amazon Lex, oltre a discutere possibili sviluppi futuri e migliorie, come l'integrazione di tecnologie di apprendimento automatico e il potenziamento della personalizzazione, per rendere l'interazione con gli utenti più dinamica ed efficace.*

### 3.1 Introduzione ad Amazon Lex

#### 3.1.1 Cos'è Amazon Lex?

Amazon Lex è un servizio AWS per la creazione di interfacce conversazionali per applicazioni che utilizzano voce e testo. Tra le funzionalità di Amazon Lex vi sono la flessibilità della comprensione del linguaggio naturale (Natural Language Understanding - NLU) e del riconoscimento vocale automatico (Automatic Speech Recognition - ASR). Il servizio è basato sullo stesso motore di riconoscimento automatico del linguaggio usato da Alexa e permette a qualsiasi sviluppatore di costruire chatbot intelligenti che possono essere integrati in applicazioni web, dispositivi mobili e sistemi aziendali.

#### 3.1.2 Architettura di Amazon Lex

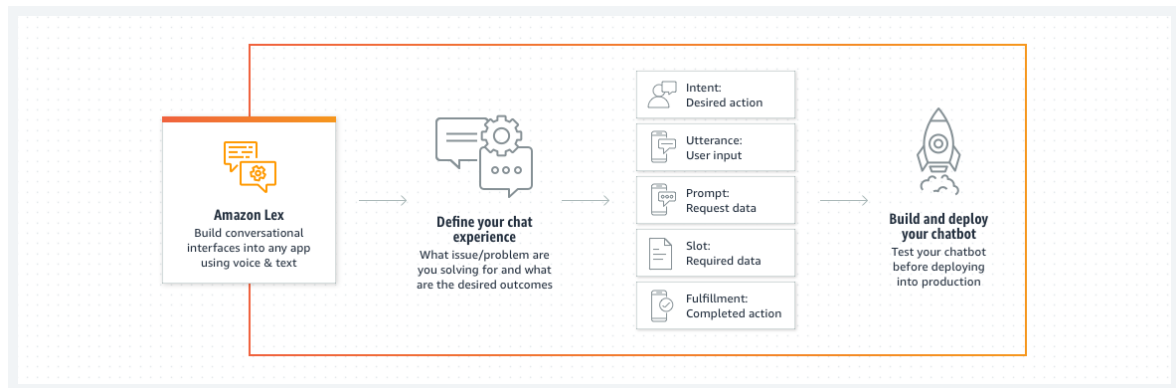
Per creare un bot conversazionale, Amazon Lex si basa su un sistema modulare che comprende diverse componenti chiave, ovvero:

- *Intenti*: rappresentano le azioni che l'utente vuole eseguire.
- *Utterance*: sono le frasi e le espressioni che gli utenti usano per attivare gli intenti.

- **Slot:** sono delle informazioni di cui un bot ha bisogno per soddisfare l'intento. Il bot stesso richiede gli slot necessari all'utente che, a sua volta, fornirà le opportune informazioni.

Nella Figura 3.1 è rappresentata la struttura generale di Amazon Lex.

Il processo di gestione delle conversazioni avviene attraverso un modello *client-server* in cui il client, ovvero il chatbot creato, invia i messaggi ad Amazon Lex, che a sua volta elabora il linguaggio naturale e risponde con azioni predefinite o chiama funzioni di backend per eseguire azioni personalizzate.



**Figura 3.1:** Struttura generale del funzionamento di Amazon Lex

### 3.1.3 Differenze con altri strumenti per la creazione di chatbot

Oltre ad Amazon Lex, per creare chatbot, ci sono anche soluzioni come Google Dialogflow o Microsoft Bot Framework. Uno dei vantaggi di Lex è sicuramente l'integrazione nativa con l'ecosistema AWS, che lo rende estremamente scalabile e facilmente integrabile con gli altri servizi. Inoltre, Lex si differenzia dai concorrenti per la sua architettura serverless, che consente di gestire i carichi di lavoro in base alla domanda e permette di ridurre i costi operativi.

## 3.2 Applicazioni e integrazioni con altri tool di AWS

### 3.2.1 Integrazione con AWS Lambda

Amazon Lex si integra perfettamente con AWS Lambda per l'esecuzione di funzioni serverless in risposta a comandi degli utenti. Questa integrazione consente di costruire chatbot in grado di gestire compiti complessi, come l'interrogazione di database o l'esecuzione di logiche di business, senza dover gestire infrastrutture complesse. Ad esempio, un chatbot integrato con Lambda può verificare la disponibilità di prodotti in un magazzino o fornire informazioni personalizzate agli utenti in tempo reale. Nella sezione relativa alla sezione pratica vedremo un esempio di come integrare Amazon Lex con Amazon Lambda.

### 3.2.2 Integrazione con Amazon Connect per l'assistenza clienti

Amazon Lex può essere utilizzato insieme ad Amazon Connect, la piattaforma di call center basata sul cloud di AWS, per creare assistenti virtuali in grado di gestire chiamate telefoniche in modo automatizzato (Figura 3.2). Questa integrazione permette di ridurre il carico di lavoro degli operatori umani, consentendo al chatbot di rispondere a domande

frequenti, prenotare appuntamenti o effettuare operazioni di base, lasciando agli operatori solo le interazioni più complesse.

Nella figura sottostante Figura 3.2 è possibile vedere come il cliente (in verde) chiede di fissare un appuntamento per la mattina seguente e come Amazon Connect, in modo automatizzato e senza l'ausilio di personale umano, fissa l'appuntamento richiesto per la mattina seguente alle 9:30.

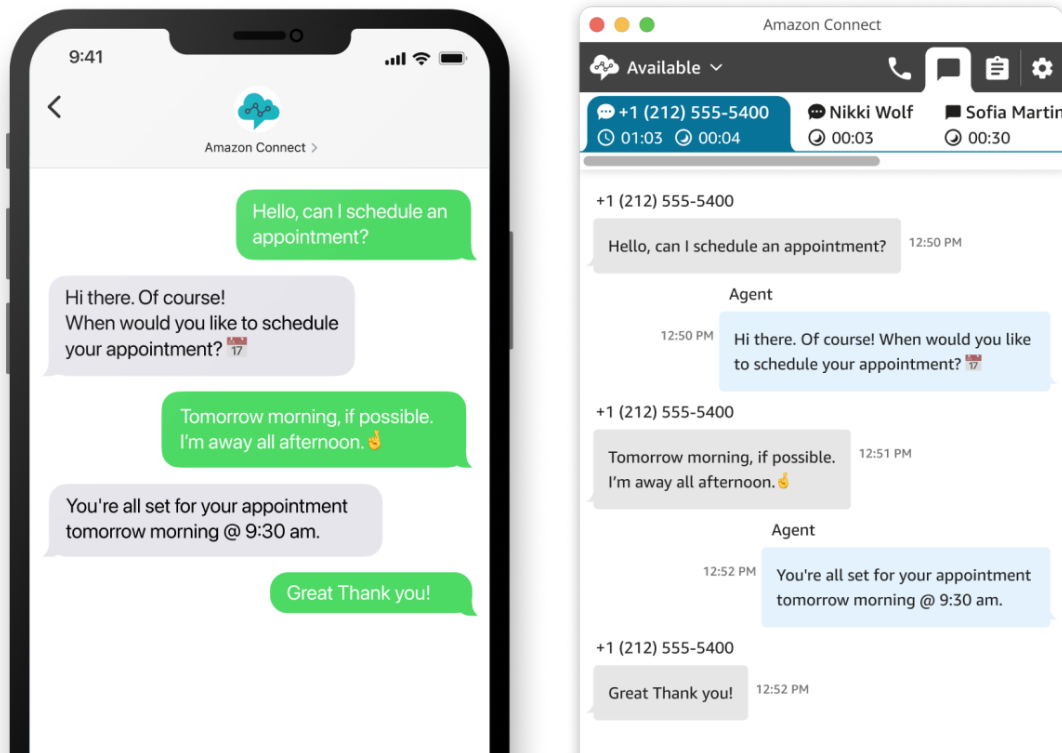


Figura 3.2: Esempio di funzionamento di Amazon Lex con Amazon Connect

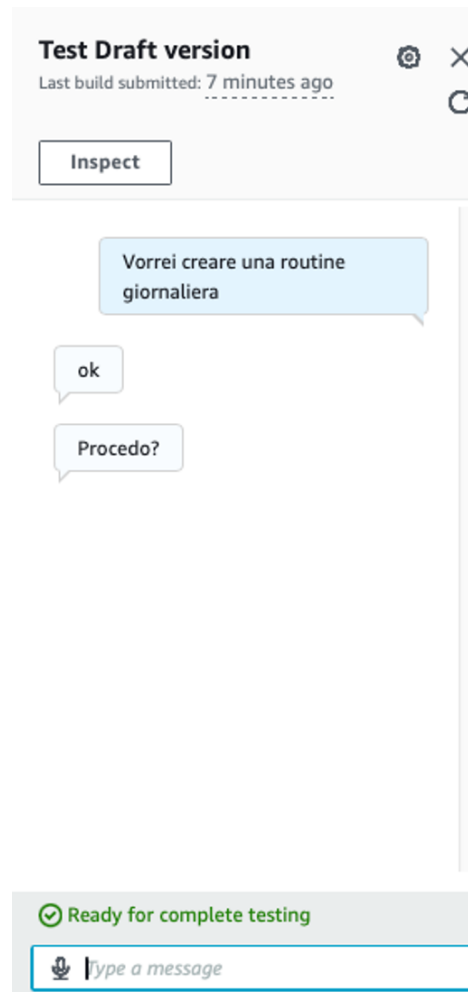
### 3.3 Implementazione pratica: Creazione di un chatbot

In questa sezione vediamo uno sviluppo pratico di un chatbot creato con Amazon Lex, contenente un'integrazione con Amazon Lambda. Il chatbot in questione si chiama *WorkoutRoutine* e, come specifica il nome, permette di creare e generare routine di allenamento semplicemente chiedendo al chatbot. Esso riesce a creare dei piccoli workout giornalieri o settimanali, in base a quello che preferisce l'utente. Per fare ciò, però, è necessaria l'integrazione con Amazon Lambda, un altro tool di AWS che permette di eseguire codice senza bisogno di gestire i server. Lambda funge da backend per l'esecuzione di logiche personalizzate, come la generazione di routine di allenamento per il giorno o per la settimana.

La creazione del chatbot inizia con la definizione del flusso conversazionale. In questa fase si identificano gli intenti principali del chatbot, le frasi che gli utenti possono usare per attivarli (utterance), e le informazioni aggiuntive che devono essere raccolte (slot). Questa è la parte cruciale della creazione e deve essere ben definita per riuscire a soddisfare le richieste degli utenti.

Nel primo esempio di funzionamento (Figura 3.3), supponiamo che l'utente voglia creare una routine di allenamento giornaliera.

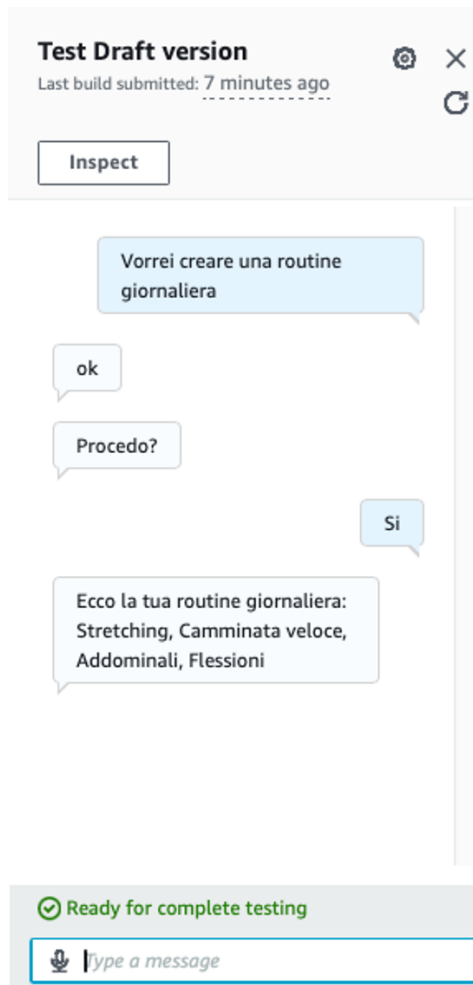




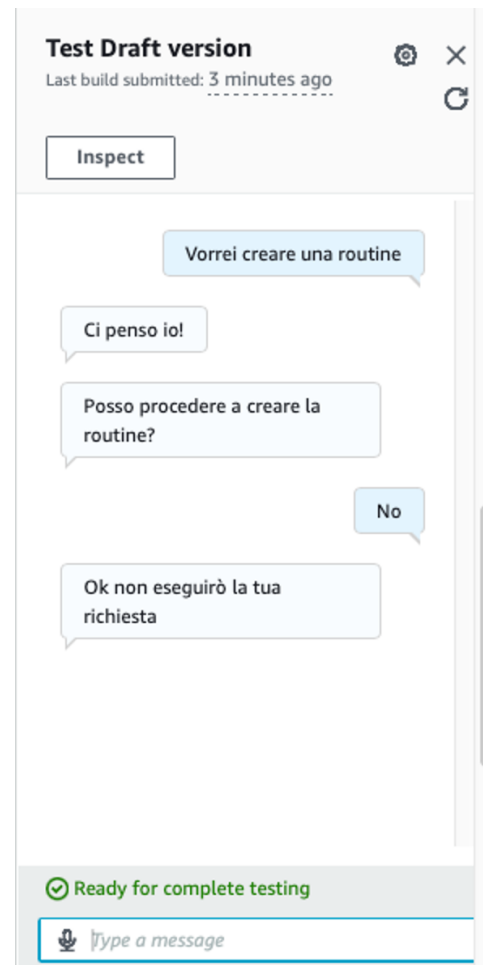
**Figura 3.3:** Richiesta al chatbot di creare una routine giornaliera (prima parte)

Da qui il chatbot chiede se può procedere; così, nel caso in cui l'utente cambia idea e dice di no (Figura 3.5), il chatbot si interrompe e non vengono sprecate risorse di calcolo e di memoria. Nel caso in cui, invece, l'utente voglia procedere, il chatbot esegue la richiesta generando la routine di allenamento desiderata (Figura 3.4).

Il chatbot, in questo caso, ha risposto con una routine che comprende stretching, camminata veloce, addominali e flessioni.



**Figura 3.4:** Richiesta al chatbot di creare una routine giornaliera (seconda parte)

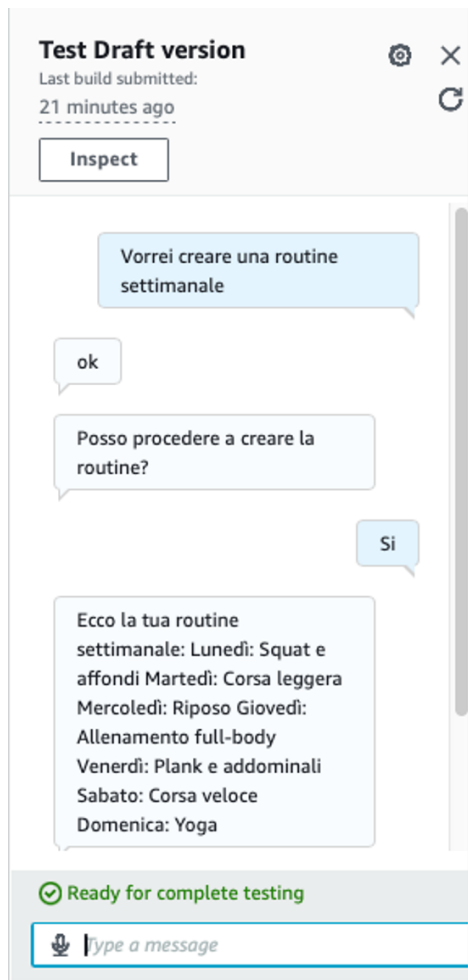


**Figura 3.5:** Esempio di interruzione della richiesta

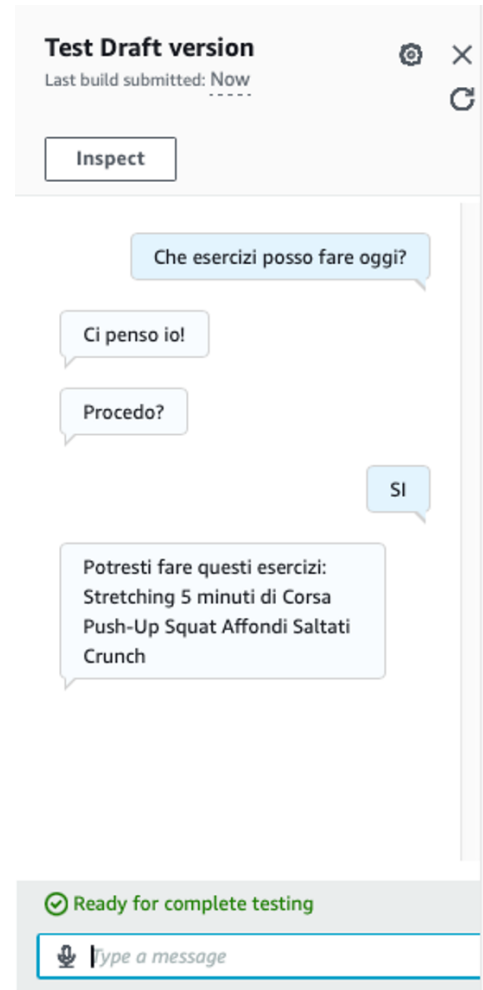
Se, invece, l'utente richiede al chatbot di creare una routine settimanale (Figura 3.6), WorkoutRoutine risponde generando una routine che comprende:

- Lunedì: Squat e affondi;
- Martedì: Corsa leggera;
- Mercoledì: Riposo;
- Giovedì: Allenamento full-body;
- Venerdì: Plank e addominali;
- Sabato: Corsa veloce;
- Domenica: Yoga;

Se nella richiesta dell'utente non è specificato se vuole una routine giornaliera o settimanale, allora il chatbot genera degli esercizi randomici (Figura 3.7).



**Figura 3.6:** Richiesta al chatbot di creare una routine settimanale

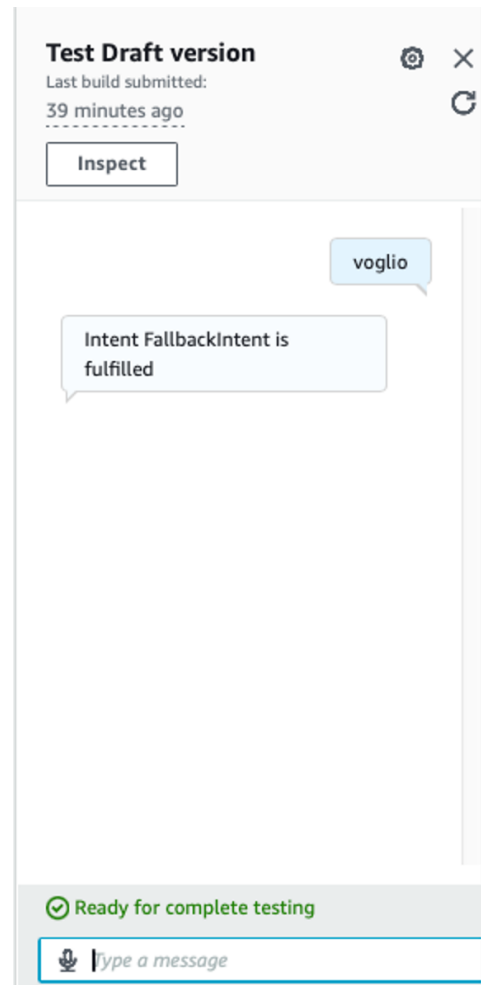


**Figura 3.7:** Altro esempio di richiesta al chatbot

Ovviamente, però, il chatbot ha anche dei controlli per evitare che vengano fatte richieste ineseguibili. Ad esempio, facendo una richiesta assurda come "Mi fai una pizza" (Figura 3.8), *WorkoutRoutine*, dato che non ha il controllo sull'input in quel punto, prima chiede se può procedere e, dopo aver risposto positivamente, ci presenta l'errore "Input non riconosciuto, riavvia e scrivi correttamente". Se, invece, l'input è totalmente incomprensibile o non viene scritto in italiano corretto, allora il chatbot non parte e non avvia neanche la comunicazione con Amazon Lambda (Figura 3.9).



**Figura 3.8:** Gestione degli input errati (prima parte)



**Figura 3.9:** Gestione degli input errati (seconda parte)

Il fulcro del funzionamento del chatbot risiede nell'integrazione con Amazon Lambda. Grazie a questo tool, infatti, emerge la vera potenza di Amazon Lex.

Dal punto di vista di WorkoutRoutine, Amazon Lambda funge da backend riuscendo a restituire le schede di allenamento e controllando gli input inseriti. Ovviamente potrebbe essere migliorato collegando il chatbot con un database di schede personalizzate oppure integrandolo con API esterne, aumentando la flessibilità e le capacità del sistema. Nel chatbot che abbiamo svolto abbiamo messo un numero limitato di schede di allenamento ma che molto facilmente possono essere aggiunte o eventualmente rimosse.

Nella prima parte del codice, scritto in Javascript, Amazon Lambda riceve l'evento generato da Lex e lo registra. Inoltre, nella variabile `userInput` viene memorizzato l'input dell'utente e in seguito vengono definite le routine.

**Listing 3.1:** Prima parte del codice scritto in Javascript, su Amazon Lambda

```
export const handler = async (event) => {
  try {
    // Registrazione dell'evento
    console.log('Received event from Lex:', JSON.stringify(event));

    // Prendiamo l'input dell'utente
    const userInput = event.inputTranscript.toLowerCase();

    // Definisco le routine
    const dailyRoutine = [
      "Stretching",
      "Camminata veloce",
      "Addominali",
    ]
  }
}
```

```

    "Flessioni"
  ];

  const weeklyRoutine = [
    "Lunedì: Squat e affondi",
    "Martedì: Corsa leggera",
    "Mercoledì: Riposo",
    "Giovedì: Allenamento full-body",
    "Venerdì: Plank e addominali",
    "Sabato: Corsa veloce",
    "Domenica: Yoga"
  ];

  const randomRoutine = [
    "Stretching",
    "5 minuti di Corsa",
    "Push-Up",
    "Squat",
    "Affondi Saltati",
    "Crunch"
  ];

```

Nella seconda parte del codice facciamo dare una risposta al chatbot in base alla richiesta dell'utente e quindi in base all'input immesso. Se nell'input è presente la voce *giornaliera* o *settimanale* allora restituirà la routine corrispondente, altrimenti vengono restituiti degli esercizi randomici. Da qui, restituiamo la risposta nel formato compreso da Amazon Lex e aggiungiamo un log degli errori, utile per vedere il motivo per il quale la richiesta dell'utente non è andata a buon fine.

**Listing 3.2:** Seconda parte del codice scritto in Javascript, su Amazon Lambda

```

// Risposta in base all'input
let message;
if (userInput.includes("giornaliera")) {
  message = `Ecco la tua routine giornaliera: ${dailyRoutine.join(', ')}`;
} else if (userInput.includes("settimanale")) {
  message = `Ecco la tua routine settimanale:\n${weeklyRoutine.join('\n')}`;
} else {
  message = `Potresti fare questi esercizi:\n${randomRoutine.join('\n')}`;
}

// Ritorna la risposta nel formato che vuole Lex
return {
  sessionState: {
    dialogAction: {
      type: "Close"
    },
    intent: {
      name: event.sessionState.intent.name,
      state: "Fulfilled"
    }
  },
  messages: [
    {
      contentType: "PlainText",
      content: message
    }
  ]
};

} catch (error) {
  // Log degli errori per capire se ci sono stati dei problemi
  console.error('Error occurred:', error);

  return {
    sessionState: {
      dialogAction: {
        type: "Close"
      },
      intent: {
        name: event.sessionState.intent.name,
        state: "Failed"
      }
    },
    messages: [
      {
        contentType: "PlainText",
      }
    ]
  };
};
}

```

Come abbiamo visto in precedenza, il nostro chatbot potrebbe essere integrato con Amazon Connect, il quale permetterebbe di offrire interazioni vocali e chat automatiche. Ad esempio, se il nostro WorkoutRoutine venisse fornito ad una palestra, allora grazie alle

chiamate vocali, un utente potrebbe chiamare il contact center e potrebbe chiedere di generare una routine di allenamento. Da qui, Amazon Connect cattura l'input vocale e lo passa ad Amazon Lex per l'elaborazione, così il chatbot restituisce la routine desiderata e Amazon Connect trasmette la risposta vocalmente all'utente.

## 3.4 Vantaggi e limitazioni

### 3.4.1 Vantaggi nell'uso di Amazon Lex

L'utilizzo di Amazon Lex offre numerosi vantaggi; oltre alla facilità e all'intuitività con cui permette di creare chatbot intelligenti, il tool possiede i seguenti vantaggi:

- *Integrazione con l'ecosistema di AWS*: Amazon Lex è strettamente integrato con altri servizi di AWS, come AWS Lambda, Amazon Connect e Amazon Comprehend, che consentono di creare soluzioni complesse senza dover scrivere molto codice.
- *Comprensione del linguaggio naturale (NLU)*: il sistema, come detto in precedenza, utilizza modelli di Machine Learning avanzati per la comprensione del linguaggio naturale (Natural Language Understanding, NLU), permettendo di riconoscere le intenzioni dell'utente e di rispondere in modo appropriato.
- *Supporto multi-canale*: Amazon Lex consente di implementare chatbot su una vasta gamma di piattaforme di comunicazione, come Slack, Facebook Messenger, Twilio SMS, e persino telefonicamente, tramite Amazon Connect. Ciò rende molto fruibile il proprio chatbot, senza bisogno di migliaia di righe di codice.
- *Riduzione dei costi di sviluppo*: come la maggior parte dei servizi di AWS, Amazon Lex segue un modello di pagamento "pay-as-you-go", il che significa che si paga solo per le risorse effettivamente utilizzate, riducendo i costi di sviluppo e gestione.

In sintesi, Amazon Lex offre una combinazione tra potenza tecnologica e di calcolo e semplicità di utilizzo che lo rende una soluzione ideale per chi vuole creare dei chatbot avanzati, migliorando le interazioni con gli utenti e ottimizzando i processi aziendali.

### 3.4.2 Limitazioni della piattaforma

Nonostante i numerosi vantaggi, Amazon Lex presenta alcune limitazioni. Ad esempio, la piattaforma attualmente supporta un numero limitato di lingue e può avere difficoltà a gestire conversazioni particolarmente complesse o multi-turno. Per quanto riguarda la comprensione del linguaggio, nonostante tale aspetto è stato considerato tra i vantaggi, esso è limitato dal punto di vista della comprensione dei dialetti o lingue meno diffuse. Altri limitazioni notevoli riguardano i seguenti aspetti:

- *Capacità limitata di apprendimento automatico*: nonostante Lex utilizzi il Machine Learning per la comprensione del linguaggio naturale, non è pensato per apprendere autonomamente dalle interazioni degli utenti.
- *Interfaccia di gestione limitata*: l'interfaccia di Amazon Lex è semplice e intuitiva, ma per progetti più grandi o complessi non sono presenti strumenti avanzati per monitorare e ottimizzare facilmente il flusso delle conversazioni; in questi casi è necessario integrare servizi come Amazon Lambda, che consentono maggiormente di spaziare nella creazione del chatbot.

- *Mancanza di memoria conversazionale*: Amazon Lex non supporta nativamente la possibilità di ricordare le informazioni degli utenti da una sessione all'altra. Ad esempio, se un utente chiede qualcosa in una sessione e di seguito fa una domanda correlata, il chatbot non è in grado di riferirsi a informazioni passate.
- *Problemi di latenza*: quando sono coinvolti più servizi di AWS o integrazioni esterne, si potrebbero verificare problemi di latenza nelle risposte nel chatbot. Questi ritardi possono compromettere l'esperienza utente, soprattutto in situazioni dove la rapidità di risposta è critica.

Nonostante Amazon Lex è una piattaforma molto potente per la creazione di chatbot, bisogna tener conto di queste poche limitazioni, specialmente per progetti complessi e per applicazioni aziendali.

## 3.5 Sviluppi futuri e possibili migliorie

### 3.5.1 Estensione del chatbot con l'apprendimento automatico

L'estensione dei chatbot tramite l'apprendimento automatico rappresenta una delle direzioni più promettenti per migliorare l'efficacia e l'efficienza delle interazioni tra macchine e utenti. Attualmente, Amazon Lex utilizza algoritmi di comprensione del linguaggio naturale (NLU) per interpretare le intenzioni dell'utente, ma, come abbiamo detto nella sezione precedente, non è in grado di evolversi automaticamente sulla base dei feedback ricevuti o delle interazioni passate. L'integrazione di meccanismi avanzati di Machine Learning potrebbe consentire al chatbot di apprendere continuamente dall'interazione con gli utenti, migliorando nel tempo la precisione delle risposte e l'accuratezza nel riconoscere le intenzioni. Inoltre, il Machine Learning permetterebbe la creazione di chatbot in grado di anticipare le esigenze dell'utente e di suggerire risposte basate sul contesto della conversazione. Ad esempio, un chatbot che apprende potrebbe non solo rispondere alle domande, ma anche prevedere le domande successive o suggerire azioni utili per l'utente basandosi sulle interazioni avute in precedenza con quest'ultimo. L'adozione di tali tecniche di apprendimento automatico potrebbe migliorare significativamente l'esperienza utente, consentendo al chatbot di essere più dinamico e adattabile a più contesti.

### 3.5.2 Potenziamento della personalizzazione

Attualmente, i chatbot creati con Amazon Lex possono essere configurati per fornire risposte predefinite a determinati input, ma il livello di personalizzazione è limitato. La personalizzazione è uno degli aspetti chiave per migliorare l'interazione tra chatbot e utenti. Uno dei primi passi per potenziare la personalizzazione consiste nell'integrare funzionalità di profilazione utente. In un contesto di applicazione pratica, il chatbot potrebbe conservare informazioni pertinenti sugli utenti, come le loro preferenze, il loro storico di interazioni e le scelte fatte in passato. Inoltre, un chatbot più personalizzato potrebbe essere in grado di adattare anche il modo in cui le risposte vengono date in base alle preferenze dell'utente. Ad esempio, alcuni utenti potrebbero preferire risposte concise e dirette, mentre altri preferirebbero spiegazioni più dettagliate e formali. In conclusione, investire sulla personalizzazione di questo tool rappresenta un grande passo verso il futuro, garantendo grandi potenzialità di interazione uomo-macchina.

---

## Esperienze con Amazon Q Developer

---

*In questo capitolo, presentiamo Amazon Q Developer, uno strumento di intelligenza artificiale generativa pensato per facilitare lo sviluppo di applicazioni su AWS. Dopo una breve introduzione su cos'è e come funziona, analizziamo le sue principali funzionalità, tra cui l'integrazione con altri servizi AWS e i vantaggi che offre agli sviluppatori, come suggerimenti sul codice in tempo reale, spiegazioni di concetti complessi e generazione automatica di codice.*

*Nel capitolo, inoltre, illustriamo esempi pratici, mostrando come Amazon Q Developer possa semplificare compiti quotidiani, dalla creazione di funzioni Python alla gestione di applicazioni come un Password Manager. Infine, esaminiamo i vantaggi, le limitazioni e le potenziali evoluzioni future, evidenziando come questo strumento possa migliorare l'efficienza e supportare lo sviluppo software in modo scalabile e flessibile.*

### 4.1 Introduzione a Amazon Q Developer

#### 4.1.1 Cos'è Amazon Q Developer?

Amazon Q Developer è un assistente conversazionale generativo basato sull'Intelligenza Artificiale (AI) che può aiutarci a comprendere, creare, estendere e utilizzare le applicazioni. È possibile utilizzare questo tool per porre domande su tutto il mondo AWS, sulle proprie risorse utilizzate su AWS e sulle varie documentazioni. Se utilizzato in ambiente di sviluppo integrato (IDE), Amazon Q Developer fornisce assistenza per lo sviluppo di software ed è questo il campo in cui noi lo analizziamo.

#### 4.1.2 Architettura e funzionamento

L'architettura di Amazon Q Developer si basa su una combinazione di tecnologie avanzate di comprensione del linguaggio naturale (NLU), integrazione di dati, e machine learning. Il sistema raccoglie dati da più fonti strutturate e non strutturate, li indicizza e li rende interrogabili tramite linguaggio naturale. Questo processo include il parsing delle domande, la generazione di query, l'estrazione delle risposte e la presentazione dei risultati. La sua infrastruttura scalabile permette di gestire richieste complesse e volumi di dati significativi in tempo reale. Molte delle funzionalità di Amazon Q Developer sono disponibili tramite un'interfaccia chat (Figura 4.1), in cui è possibile utilizzare il linguaggio naturale per porre domande ad AWS, ottenere assistenza con il codice, esplorare risorse o risolvere problemi. Quando si "chatta" con Amazon Q, a differenza da Amazon Lex, viene preso in considerazione il contesto della conversazione corrente per fornire le opportune risposte.



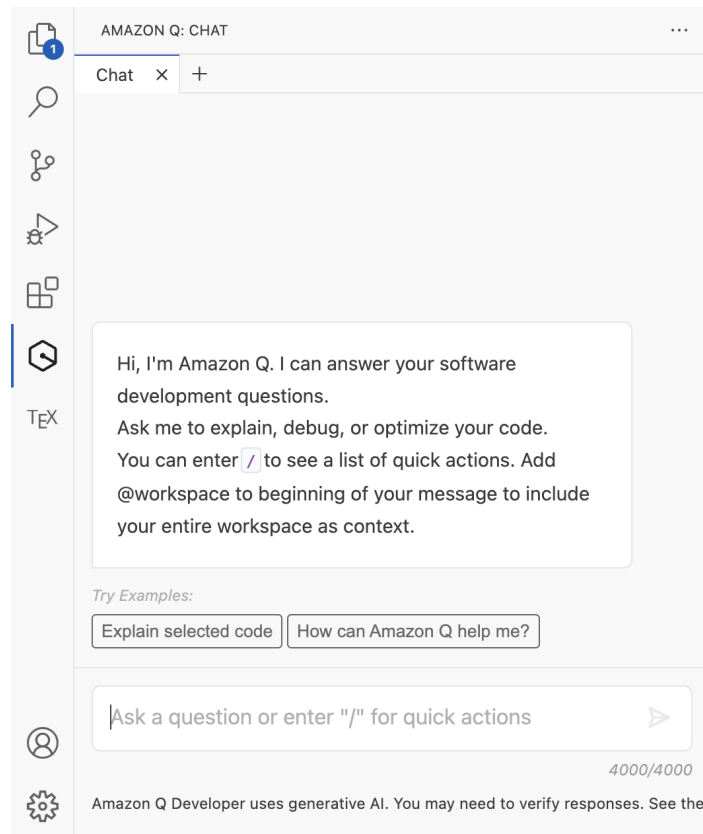


Figura 4.1: Interfaccia di Amazon Q Developer all'interno di Visual Studio Code

## 4.2 Funzionalità principali

### 4.2.1 Integrazione con altri servizi

Una delle caratteristiche distintive di Amazon Q Developer è la sua capacità di integrarsi con altri servizi AWS come S3, DynamoDB, e Redshift, ma anche con applicazioni di terze parti. In questo modo gli utenti possono interagire con i dati in modo uniforme, riducendo gli spazi di lavoro e migliorando il processo decisionale. Tra gli altri servizi con cui può essere integrato Amazon Q Developer troviamo:

- *Amazon CodeCatalyst*: Amazon CodeCatalyst è uno spazio di collaborazione basato su cloud per i team di sviluppo software. CodeCatalyst fornisce un luogo in cui è possibile pianificare il lavoro, collaborare sul codice e creare, testare e distribuire applicazioni con strumenti di integrazione continua. Amazon Q Developer in CodeCatalyst include funzionalità di Intelligenza Artificiale generativa che possono aiutare gli utenti nei progetti del proprio settore a sviluppare software più velocemente.
- *Amazon SageMaker*: Amazon SageMaker è un servizio completamente gestito di Machine Learning. Tramite esso, i data scientist e gli sviluppatori possono creare e addestrare rapidamente modelli di machine learning per poi distribuirli in un ambiente in hosting pronto per la produzione. È possibile "chattare" con Amazon Q Developer all'interno di Amazon SageMaker per ottenere indicazioni sulle sue funzionalità, per risolvere gli errori e per ottenere codice di esempio.
- *Amazon Web Services*: Amazon Q Developer è anche integrato in AWS stesso e funge da assistente per aiutare l'utente a monitorare i costi, a gestire la console, a ricercare nella

documentazione e a trovare il tool di AWS giusto in base alle proprie esigenze.

## 4.2.2 Strumenti per sviluppatori

Amazon Q Developer non è solo uno strumento per analisti, ma offre una serie di funzionalità pensate anche per gli sviluppatori, con una forte attenzione al miglioramento della produttività. Infatti, esso può spiegare concetti e frammenti di codice, generare codice e test unitari. Inoltre, può migliorare il codice, dal momento che consente il debug o il refactoring.

### Sviluppo software

Dopo aver spiegato, in linguaggio naturale, la funzionalità che si desidera sviluppare, Amazon Q può utilizzare il contesto del progetto attuale per generare un piano di implementazione e il codice di accompagnamento. In particolare, tramite Amazon Q Developer Agent for software development è possibile sviluppare funzionalità di codice o apportare modifiche al codice ai progetti nel proprio ambiente di sviluppo integrato (IDE).

### Ricezione suggerimenti sul codice in linea

Amazon Q Developer fornisce consigli sul codice in tempo reale. Durante la scrittura del codice, Amazon Q genera automaticamente suggerimenti in base al codice e ai commenti esistenti.

### Domande sul codice

All'interno degli ambienti di sviluppo integrati (IDEs), Amazon Q Developer può rispondere a domande relative al processo di sviluppo del software, incluse domande concettuali sulla programmazione e su come funziona un codice specifico. È possibile porre, inoltre, domande su funzioni, in modo da farci spiegare il funzionamento, oppure possiamo chiedere di migliorare e aggiornare dei frammenti di codice per renderli più efficienti e funzionali.

## 4.3 Implementazione pratica

In questa sezione mostriamo un'implementazione pratica delle funzionalità viste in precedenza. Le richieste che faremo saranno tutte in inglese dato che ad oggi il tool supporta solo questa lingua; come linguaggio di programmazione usiamo Python.

Nel primo esempio (Figura 4.2), chiediamo ad Amazon Q Developer come si fa una funzione in Python. Il tool in risposta ci spiega inizialmente a livello pratico com'è la struttura generale di una funzione, ci elenca le cose che devono essere presenti al suo interno e ci genera un piccolo esempio che, tramite il tasto *"Insert at cursor"* (Figura 4.3), possiamo inserire direttamente nell'editor.

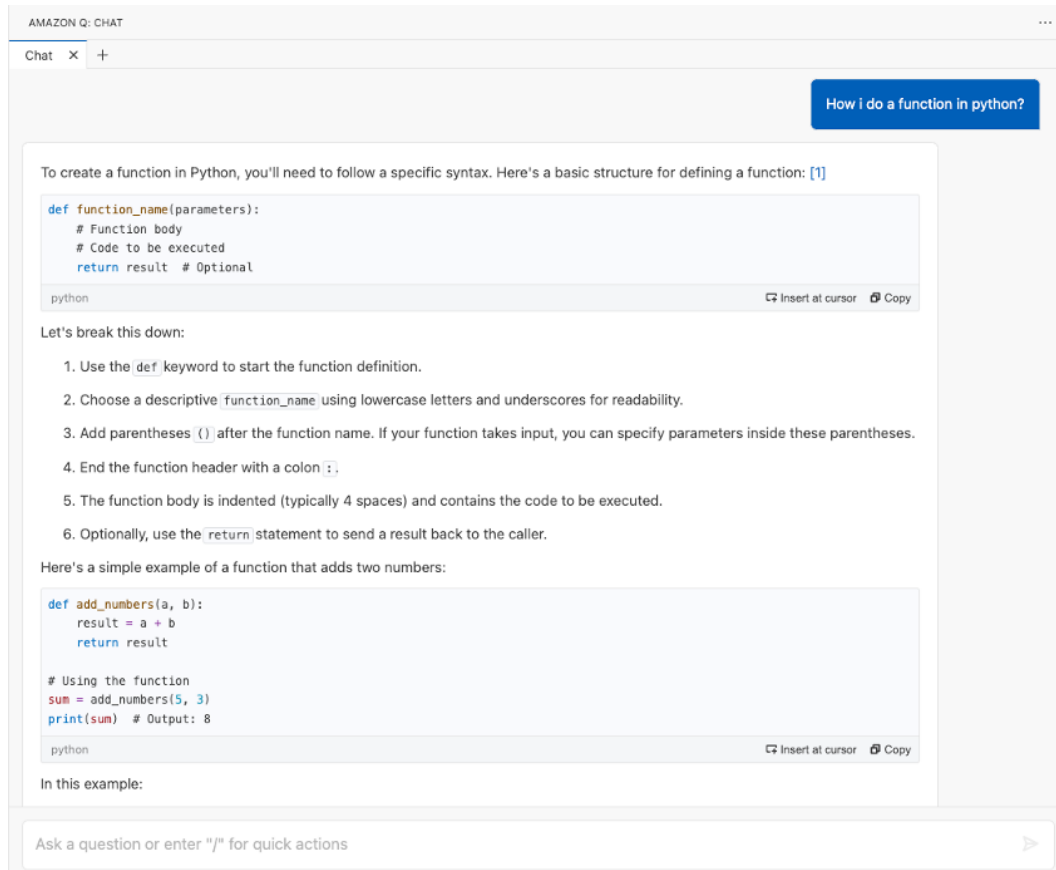


Figura 4.2: Risposta di Amazon Q Developer rispetto al primo esempio

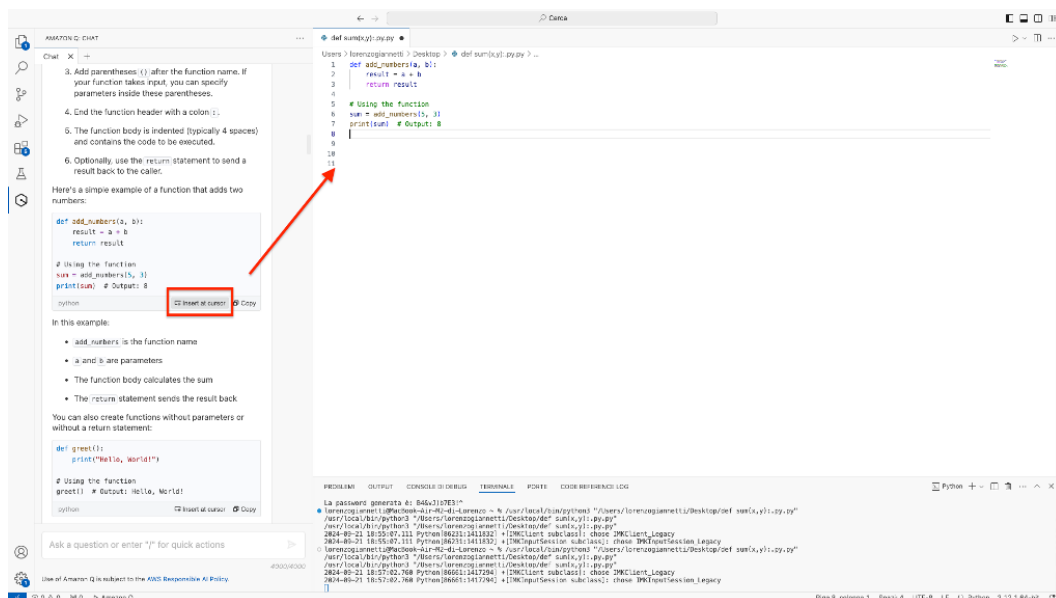


Figura 4.3: Inserimento della funzione generata

Nel secondo esempio (Figura 4.4), chiediamo come si prendono gli input da tastiera. Anche non specificando il linguaggio di programmazione per il quale vogliamo il risultato, il tool risponde in Python dato che, grazie all'interazione precedente, capisce che ci stiamo riferendo nuovamente a Python. Dopo aver compreso le nostre richieste, ci genera un esempio

pratico che possiamo inserire e restituisce anche un altro tipo di frammento di codice che permette di controllare eventuali errori in input (Figura 4.5). A questo punto inseriamo un'età errata e notiamo che stampa che "Non è una data valida" (Figura 4.6); quindi, la gestione degli errori viene correttamente eseguita.

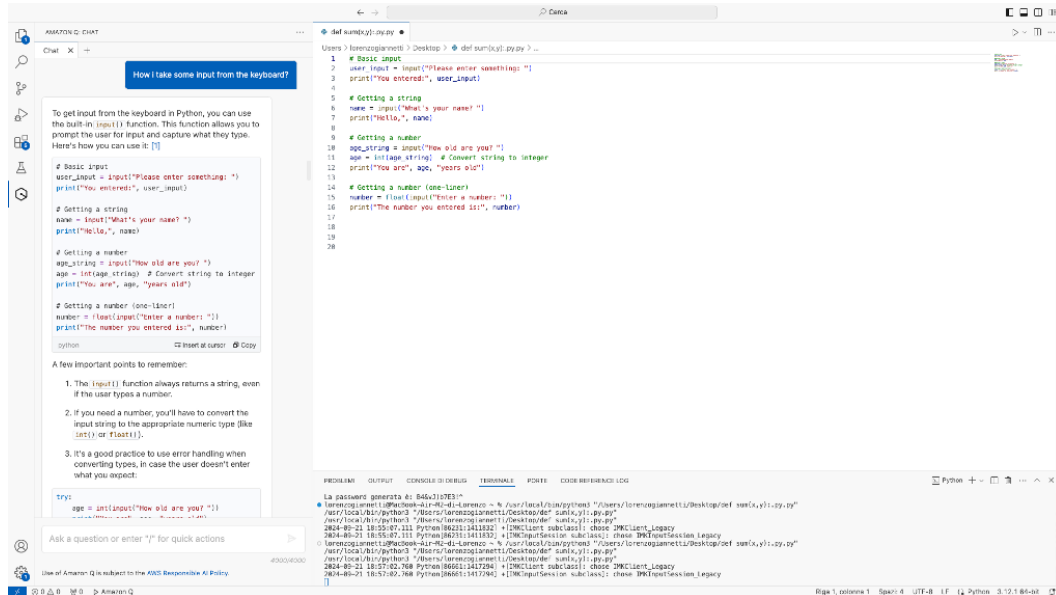


Figura 4.4: Risposta di Amazon Q Developer rispetto al secondo esempio

```
try:
    age = int(input("How old are you? "))
    print("You are, age, "years old")
except ValueError:
    print("That's not a valid age!")
```

Figura 4.5: Codice generato che gestisce gli errori in input

```
lorenzogiannetti@MacBook-Air-M...di-Lorenzo ~ % /usr/l...
How old are you? ciao
That's not a valid age!
```

Figura 4.6: Risultato stampato dopo aver inserito un input errato

Nella sottosezione relativa agli strumenti per sviluppatori abbiamo citato la possibilità di far domande sul codice. Nel prossimo esempio (Figura 4.7), supponiamo che non conosciamo l'eccezione ValueError in Python e, tramite il tasto Explain relativo ad Amazon Q Developer, chiediamo a quest'ultimo di spiegarci l'eccezione evidenziata (Figura 4.8). Come possiamo vedere, ci risponde che ValueError è un'eccezione integrata in Python che viene richiamata quando una funzione riceve un argomento del tipo corretto ma con un valore inappropriato.

Da qui, proviamo ad aumentare la difficoltà delle richieste che, pur rimanendo sempre molto facili da eseguire da parte degli sviluppatori, permettono di far risparmiare moltissimo tempo. Proviamo a chiedere al tool di creare un generatore di password casuali (Figura 4.9).

Dopo averlo correttamente importato, ci accorgiamo che non funziona, dato che non ha definito la funzione dove inserire il generatore di password, e, quindi, la compilazione del codice restituisce un errore. Così definiamo manualmente la funzione e notiamo che mentre la scriviamo, ci suggerisce il codice che abbiamo intenzione di scrivere (Figura 4.10), come avevamo detto nella sottosezione relativa agli strumenti per sviluppatori parlando della ricezione dei suggerimenti sul codice di linea. Una volta fatto ciò, compiliamo il codice che adesso è funzionante e stampa in output una password casuale (Figura 4.11).

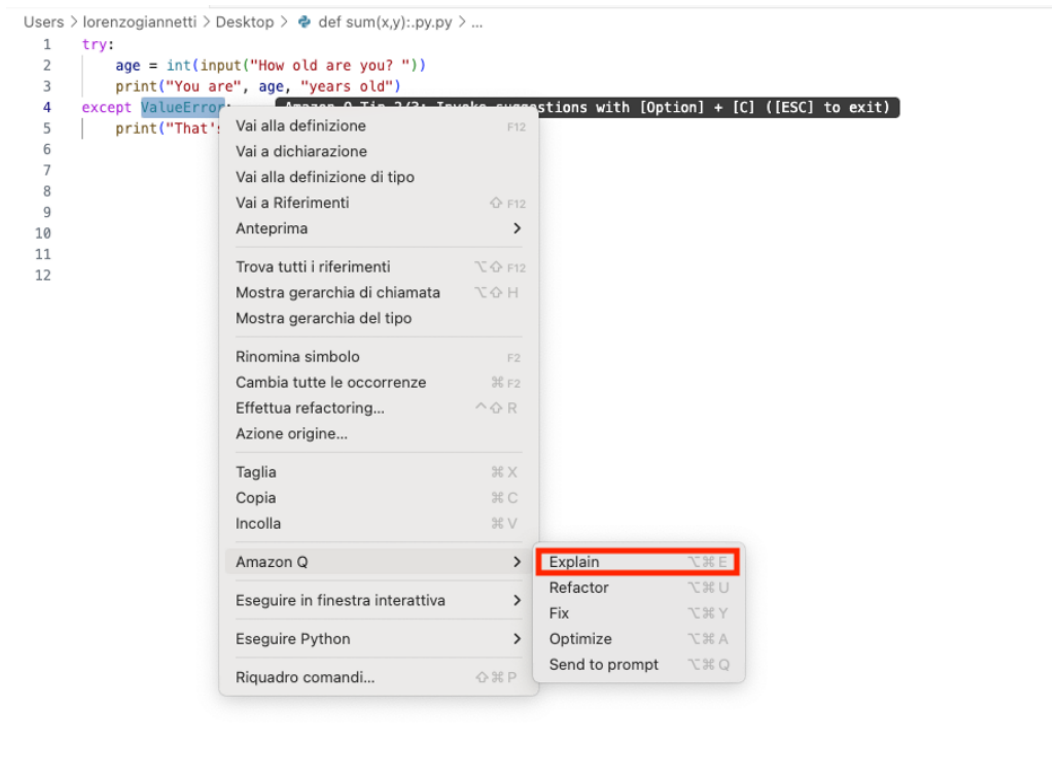


Figura 4.7: Uso della funzione Explain

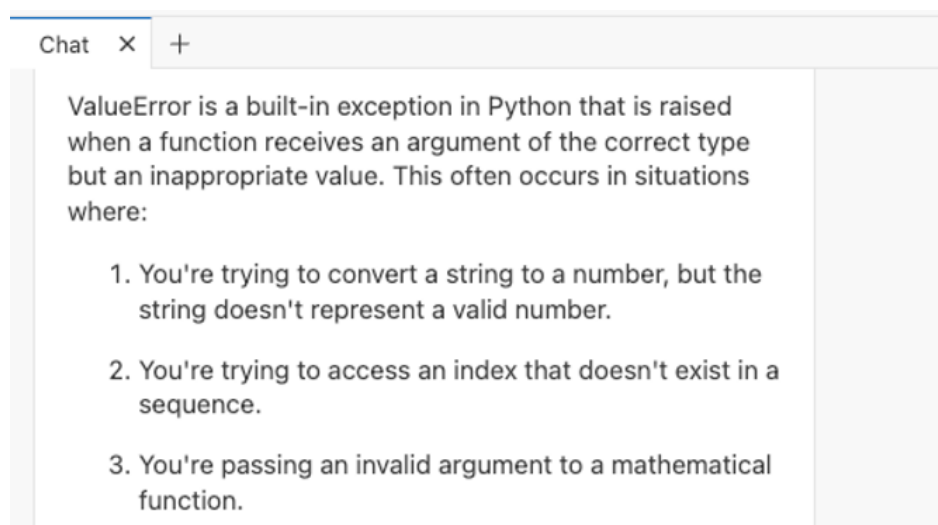


Figura 4.8: Uso della funzione Explain



Figura 4.10: Suggerimenti in linea sul codice

The screenshot shows the Amazon Q Developer interface. On the left, a chat window contains the question "can you create a password generator?" and the assistant's response, which includes a Python code snippet for a password generator. The code editor on the right displays the full implementation of the script, which defines character sets (letters, numbers, symbols), creates a pool based on user choices, ensures at least one character set is selected, and generates a password of a specified length.

**Figura 4.9:** Creazione di un generatore di password casuali

The screenshot shows the Amazon Q Developer interface. On the left, a chat window contains the question "properly defining the function and moving the return statements inside. Here's the corrected version: [ ]" and the assistant's response, which includes a Python code snippet for a password generator. The code editor on the right displays the full implementation of the script, which defines character sets (letters, numbers, symbols), creates a pool based on user choices, ensures at least one character set is selected, and generates a password of a specified length. The terminal window at the bottom shows the execution of the script, resulting in a generated password.

**Figura 4.11:** Password generata dal generatore di password creato da Amazon Q Developer

Continuando con le richieste un pò più complesse, ora proviamo a chiedere di generare una classica schermata di login (Figura 4.12). Ciò implica che, oltre alla parte relativa al codice, bisogna implementare anche la parte grafica. Nella Figura 4.13 vediamo la schermata creata da Amazon Q Developer; questa è sicuramente molto basilare ma potrebbe essere modificata ulteriormente dallo sviluppatore manualmente oppure richiedendo ulteriori supporti al tool.

Come ultimo esempio possiamo chiedere di implementare un Password Manager (Figura 4.14) che permette di aggiungere una password, leggere una password precedentemente salvata e vedere la lista dei servizi che abbiamo memorizzato con email e password.

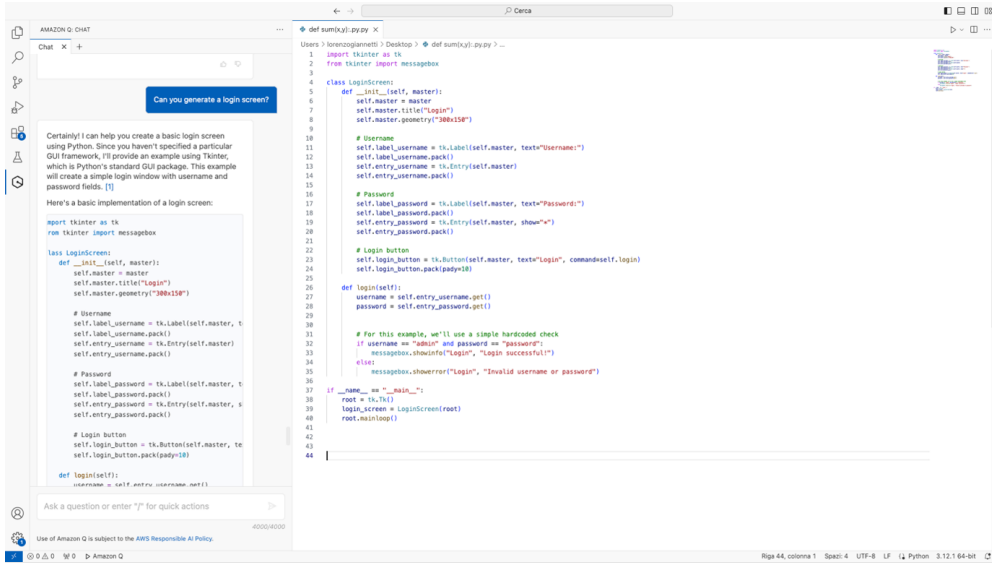


Figura 4.12: Risposta alla richiesta di generare una schermata di login

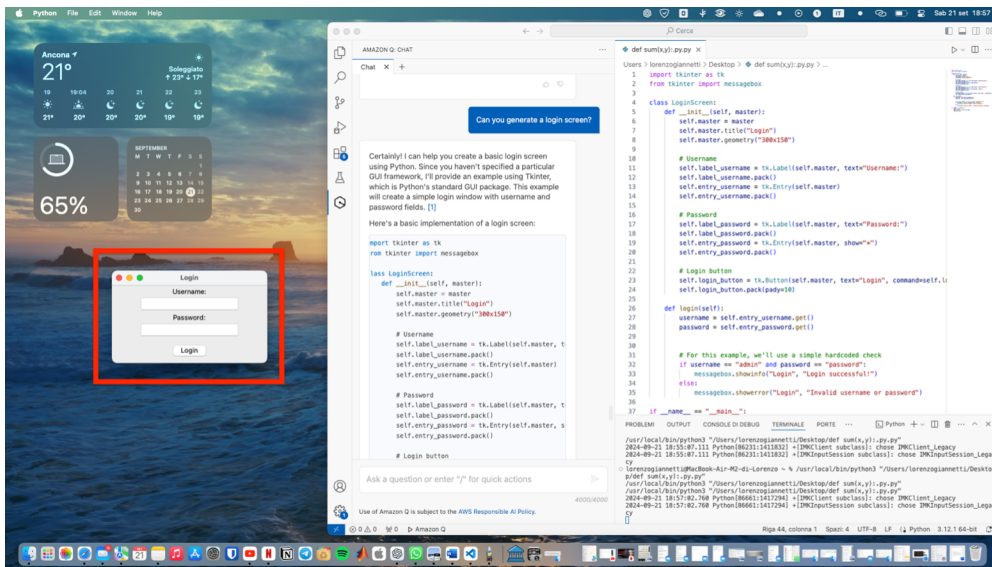


Figura 4.13: Schermata generata da Amazon Q Developer

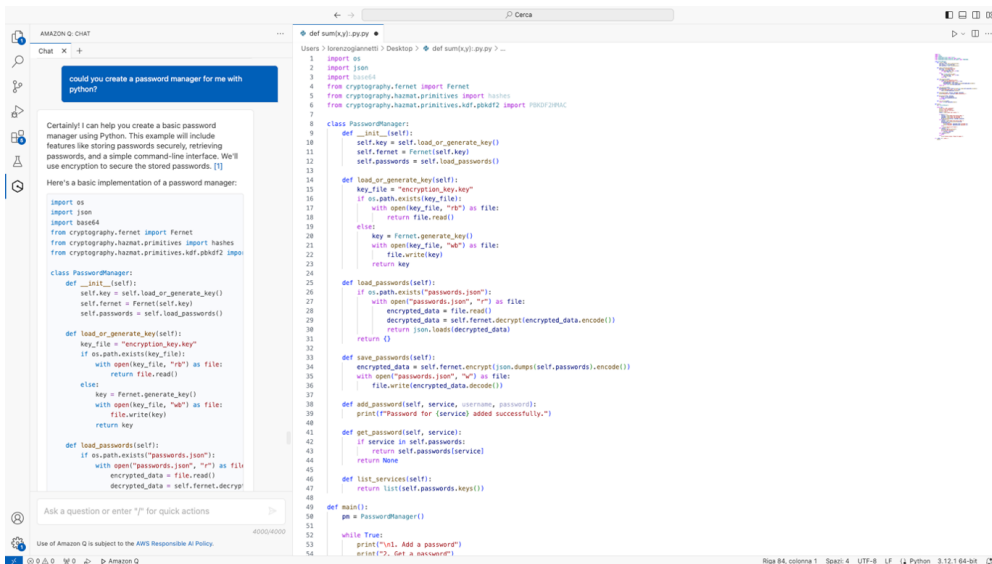


Figura 4.14: Risposta alla richiesta di creare un Password Manager

Dopo aver installato tutte le librerie necessarie per far funzionare il codice generato da Amazon Q Developer, lo avviamo e proviamo a registrare il nostro primo servizio. Notiamo, però, che provando a stampare i servizi registrati (Figura 4.16), non vi è neanche una password registrata.

```

PROBLEMI  OUTPUT  CONSOLE DI DEBUG  TERMINALE  PORTE  CODE REFERENCE LOG

1. Add a password
2. Get a password
3. List all services
4. Exit
Enter your choice: 1
Enter the service name: instagram
Enter the username: ciao
Enter the password: ciao
Password for instagram added successfully.
    
```

Figura 4.15: Registrazione del primo servizio

```

1. Add a password
2. Get a password
3. List all services
4. Exit
Enter your choice: 3
Stored services:
    
```

Figura 4.16: Stampa dei servizi registrati nel Password Manager

A questo punto notiamo che l'errore è nella funzione `addpassword` poiché essa non carica con successo le password sulla lista. Così, inizialmente, proviamo a chiedere ad Amazon Q Developer di risolvere il problema, passando ad esso la funzione non funzionante (Figura 4.17). Ma poiché ci restituisce la stessa funzione, risolviamo noi il problema aggiustando la funzione `addpassword` (Figura 4.18).

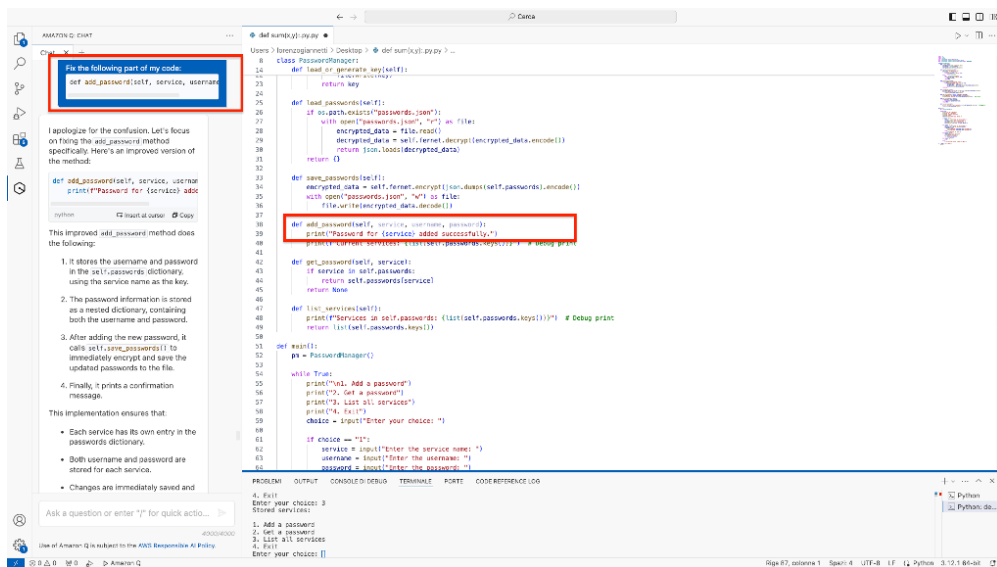


Figura 4.17: Invio della funzione `addpassword` ad Amazon Q Developer



```

37
38 def add_password(self, service, username, password):
39     # Aggiungo il nuovo servizio, username e password al dizionario
40     self.passwords[service] = {"username": username, "password": password}
41
42     # Salvo le password aggiornate nel file
43     self.save_passwords()
44
45     # Messaggio di conferma ed eventuale messaggio di debug
46     print(f"Password for {service} added successfully.")
47     print(f"Current services: {list(self.passwords.keys())}") # Debug print
48

```

**Figura 4.18:** Funzione addpassword corretta

Da qui possiamo riprovare ad avviare il programma e aggiungiamo Instagram, Gmail e Facebook come servizi con username e password (Figura 4.19); fatto ciò, stampiamo tutti i servizi registrati (Figura 4.20)

```

1. Add a password
2. Get a password
3. List all services
4. Exit
Enter your choice: 1
Enter the service name: Instagram
Enter the username: lorenzo3
Enter the password: tesi22
Password for Instagram added successfully.
Current services: ['Facebook', 'Instagram']

```

**Figura 4.19:** Registrazione dei servizi nel Password Manager

```

Enter the service name: Gmail
Enter the username: tesiAI@gmail.com
Enter the password: google24
Password for Gmail added successfully.
Current services: ['Facebook', 'Instagram', '1', 'Gmail']

1. Add a password
2. Get a password
3. List all services
4. Exit
Enter your choice: 3
Services in self.passwords: ['Facebook', 'Instagram', '1', 'Gmail']
Stored services:
Facebook
Instagram
1
Gmail

```

**Figura 4.20:** Stampa di tutti i servizi registrati

Infine, chiediamo di stampare un servizio in particolare, tramite la seconda funzione del menù del Password Manager e, come vediamo nella Figura 4.21, l'output generato è corretto, dal momento che stampa username e password di Gmail. In aggiunta, aggiungiamo una parte grafica per rendere il nostro codice una vera e propria applicazione (Figura 4.22), che possiamo rendere eseguibile sia su Windows sia su MacOS tramite alcuni passaggi.

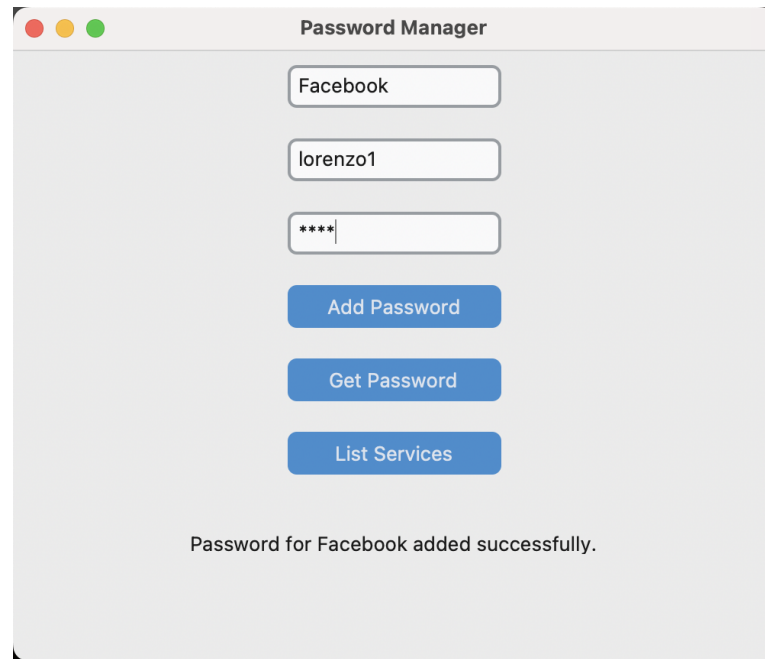
```

1. Add a password
2. Get a password
3. List all services
4. Exit
Enter your choice: 2
Enter the service name: Gmail
Username: tesiAI@gmail.com
Password: google24

```

**Figura 4.21:** Stampa dello username e della password di Gmail

In questa sottosezione, abbiamo illustrato alcuni esempi pratici di utilizzo di Amazon Q Developer, dimostrando come questo strumento possa assistere gli sviluppatori nelle loro attività quotidiane, dalla creazione di semplici funzioni in Python alla gestione degli errori e all'implementazione di applicazioni più complesse, come un Password Manager. Ogni esempio ha messo in evidenza le potenzialità di Amazon Q Developer nel supportare il processo di sviluppo, facilitando la scrittura del codice, suggerendo soluzioni e migliorando la produttività. Questi casi d'uso evidenziano l'efficacia e la flessibilità di Amazon Q Developer, rendendolo un valido alleato per ottimizzare il lavoro e ridurre i tempi di sviluppo.



**Figura 4.22:** Interfaccia grafica del Password Manager

## 4.4 Analisi dei vantaggi e dei limiti

### 4.4.1 Miglioramento dell'efficienza operativa

Amazon Q Developer rappresenta uno strumento utile per migliorare l'efficienza operativa, soprattutto per i team di sviluppo. Grazie alla capacità di interpretare il linguaggio naturale, permette agli sviluppatori di ottenere rapidamente informazioni dettagliate senza dover scrivere manualmente complessi blocchi di codice e programmi e senza dover fare ricerche estensive su database e documentazioni per chiarire dubbi sul linguaggio di programmazione. Questo significa che il team di sviluppo può concentrarsi sull'ottimizzazione del codice, risparmiando moltissimo tempo prezioso.

### 4.4.2 Scalabilità e flessibilità

Per gli sviluppatori, Amazon Q Developer offre una piattaforma scalabile e flessibile, adatta a gestire carichi di lavoro crescenti e progetti di varia complessità. La possibilità di adattarsi a differenti formati di dati e di integrarsi con altre piattaforme consente di usarlo in modo versatile, sia per piccole applicazioni che per progetti complessi e distribuiti. Gli sviluppatori possono facilmente incorporarlo nei loro ambienti di sviluppo esistenti, utilizzandolo come supporto per la risoluzione di problemi.

### 4.4.3 Limiti di funzionalità e costi

Nonostante i benefici, Amazon Q Developer presenta anche delle limitazioni. La precisione delle risposte generate dipende dalla qualità e dalla struttura dei dati presenti. Dati disorganizzati o scarsamente definiti possono portare a risultati inaccurati o poco utili. Inoltre, la comprensione di codici molto complessi potrebbe non essere sempre perfetta, come abbiamo visto negli esempi svolti in precedenza, limitando l'efficacia del tool in scenari avanzati o settori altamente tecnici.

Dal punto di vista economico, i costi di Amazon Q Developer possono crescere in modo significativo con l'incremento dell'utilizzo, poiché il pricing è solitamente basato sul volume di richieste e di dati elaborati. Per questo motivo, il tool potrebbe risultare oneroso per le piccole imprese o per quelle con budget limitati.

## 4.5 Prospettive per il futuro

Amazon Q Developer potrebbe evolversi per rispondere meglio alle esigenze dei team di sviluppo. In futuro, potrebbe includere funzionalità avanzate di machine learning per migliorare la comprensione del linguaggio naturale, permettendo di gestire richieste ancora più articolate e tecniche. Inoltre, lo sviluppo di modelli di apprendimento automatico in grado di predire esigenze di codifica o proporre soluzioni ottimizzate potrebbe rappresentare un ulteriore passo avanti, consentendo agli sviluppatori di accelerare ulteriormente il loro workflow.

---

## Lezioni apprese: opportunità e minacce dell'AI

---

*In questo capitolo, esploriamo le opportunità e le sfide legate all'adozione dell'Intelligenza Artificiale, esaminandone l'impatto in vari contesti. Iniziamo descrivendo i vantaggi dell'AI, tra cui la capacità di automatizzare processi e aumentare la produttività, la personalizzazione delle interazioni grazie all'analisi dei Big Data e la conseguente ottimizzazione dell'esperienza cliente.*

*Successivamente, analizziamo i potenziali rischi dell'AI, come la possibile perdita di posti di lavoro e l'impatto sociale, il problema dei bias algoritmici, che possono portare a discriminazioni, e le minacce alla sicurezza dei dati personali. Parleremo, inoltre, di alcune regolamentazioni, evidenziando come si comporta l'Europa per gestire eticamente ed in sicurezza l'AI.*

*Infine, attraverso studi di casi aziendali, esamineremo successi e fallimenti nell'implementazione dell'AI in diversi settori, concludendo con una riflessione sulle prospettive per una AI responsabile, supportata da strategie di sostenibilità e dalla collaborazione tra industria, governo e ricerca.*

### 5.1 Opportunità offerte dall'Intelligenza Artificiale

#### 5.1.1 Automazione e produttività

L'Intelligenza Artificiale ha rivoluzionato numerosi settori grazie alla sua capacità di automatizzare processi ripetitivi, riducendo i costi e incrementando l'efficienza. L'adozione dell'AI e dell'automazione del software sta accelerando nel mondo del lavoro e in vari ambiti. Ciò permette alle aziende di ottimizzare le risorse, consentendo ai lavoratori di concentrarsi su compiti con un valore aggiunto maggiore. Nei contesti industriali, l'automazione basata sull'Intelligenza Artificiale ha migliorato la produttività, aumentando la velocità di produzione e riducendo il margine di errore. Da parte del lavoratore ha migliorato la qualità del lavoro, permettendo di concentrarsi su attività più creative e impegnative.

#### 5.1.2 Personalizzazione e Big Data

Grazie alla capacità di analizzare grandi volumi di dati (Big Data), l'AI permette una personalizzazione senza precedenti, soprattutto nei settori del marketing e del customer service. Questi sistemi, infatti, aiutano le aziende a cambiare e migliorare il modo in cui interagiscono con i clienti. La personalizzazione è un obiettivo sempre più perseguito da imprese e marchi poichè queste ultime possono adattare le loro offerte ai bisogni specifici dei clienti, ottimizzando l'esperienza utente e aumentando la fidelizzazione. Si è notato, tramite una statistica condotta dai ricercatori di McKinsey, che le aziende che eccellono nella capacità

di personalizzare la relazione con i clienti riescono ad ottenere margini di guadagno superiori del 40% rispetto alla media.

Il termine "Big Data" si riferisce agli enormi volumi di dati che vengono generati ogni giorno da varie fonti, come i social media, i sensori IoT, le transazioni online e molto altro. L'Intelligenza Artificiale, grazie all'analisi dei Big Data, riesce ad apprendere in modo più rapido ed efficace rispetto agli esseri umani. Ciò non è da sottovalutare perché potrebbe portare a scoperte che altrimenti rimarrebbero nascoste.

## **5.2 Le minacce e i rischi dell'AI**

### **5.2.1 Perdita di posti di lavoro e impatto sociale**

Un tema molto caldo è la sostituzione del lavoro da parte dell'Intelligenza Artificiale; infatti, l'automazione rischia di rendere obsoleti alcuni ruoli tradizionali, portando alla disoccupazione in settori ad alta intensità di lavoro manuale. In Italia l'impatto potrebbe riguardare circa 2 milioni di posti di lavoro, il numero più alto in Europa dopo Germania e Francia. Questa transizione può generare problematiche sociali, con un impatto particolare sui lavoratori meno qualificati, e sottolinea la necessità di strategie di riqualificazione per sostenere l'inclusione lavorativa. D'altra parte c'è chi sostiene che, in futuro, l'Intelligenza Artificiale non sia destinata alla sostituzione di molte professionalità ma che, al contrario, possa integrare le competenze tipicamente umane, con il risultato di una maggiore efficienza e produttività. Un ulteriore punto di vista è quello di chi ritiene che le nuove tecnologie AI potrebbero rendere anacronistiche le attività più pericolose, rischiose o ripetitive, svolte dall'uomo. Ciò permetterebbe di concentrarsi su nuovi ambiti professionali, sperimentando novità inesplorate. In quest'ottica, i posti di lavoro che si verrebbero a creare sarebbero, addirittura, più numerosi di quelli persi.

### **5.2.2 Bias algoritmici e discriminazione**

La discriminazione legata ai bias algoritmici è data dal fatto che gli algoritmi imparano da grandi set di dati. Ma cosa accade se tali dati contengono pregiudizi storici o sociali? L'algoritmo li apprenderà e li replicherà. Ad esempio, in sistemi di selezione del personale o nell'erogazione di servizi pubblici, una programmazione scorretta potrebbe privilegiare determinate categorie a discapito di altre, enfatizzando pregiudizi preesistenti. Se, infatti, l'algoritmo per la selezione del personale viene addestrato su dati storici in cui le posizioni di leadership sono prevalentemente ricoperte da uomini, potrebbe sviluppare una preferenza per i candidati di genere maschile. In questi casi siamo di fronte al problema dei bias, ovvero delle distorsioni cognitive derivanti da percezioni errate che conducono a formare un pensiero che contiene pregiudizi. I bias, però, non vanno considerati come problemi legati all'implementazione dell'algoritmo, ma come lo specchio dei pensieri discriminatori di una società.

### **5.2.3 Sicurezza dei dati**

La raccolta massiccia di dati personali solleva preoccupazioni per la privacy e la sicurezza. Gli attacchi informatici e il furto di dati sensibili sono diventati rischi concreti per aziende e individui. È cruciale, quindi, adottare misure di protezione avanzate per garantire la sicurezza dei dati e per prevenire violazioni che potrebbero compromettere la fiducia del pubblico. Aumenta, quindi, da parte di tutte le realtà aziendali, l'utilizzo di sistemi di cybersecurity che, però, anch'essi sono addestrati sfruttando l'Intelligenza Artificiale e i Big Data; quindi, se da una parte si riesce a rilevare minacce note e identificare nuovi vettori di attacco che i sistemi

tradizionali basati su regole potrebbero non cogliere, dall'altra potrebbero essere sfruttati i dati dell'azienda stessa per essere attaccata da qualche malintenzionato. Ciò potrebbe avvenire perchè i modelli di IA vengono addestrati sui dati aziendali e, quindi, le aziende devono essere ancora più consapevoli di dove tali dati potrebbero essere esposti. Stanno nascendo infatti, start-up come Protect AI che affrontano questo problema, cercando di fornire soluzioni che aiutino le aziende a tracciare i componenti dei loro sistemi di Intelligenza Artificiale attraverso un "*machine-learning bill of materials*". Questa piattaforma non solo identifica potenziali violazioni della sicurezza, ma anche attacchi di iniezione di codice maligno. Queste iniezioni servono agli hacker per manipolare i sistemi di Intelligenza Artificiale generativa per divulgare informazioni sensibili. Quindi, se da una parte l'utilizzo dell'AI nei sistemi di cybersecurity è un vantaggio per trovare nuove minacce, bisogna sempre considerare i rischi legati ad essa soprattutto se si parla di dati sensibili.

## 5.3 Regolamentazione e governance dell'Intelligenza Artificiale

La governance dell'Intelligenza Artificiale (AI) si riferisce ai limiti dati a quest'ultima che garantiscono che gli strumenti e i sistemi di AI siano e rimangano sicuri ed etici. La governance dell'AI comprende meccanismi di supervisione che si occupano di rischi quali distorsione, violazione della privacy e uso improprio. Un approccio etico alla governance dell'AI richiede il coinvolgimento di un'ampia gamma di stakeholder, tra cui sviluppatori di AI, utenti, responsabili politici ed etici, in modo da garantire che i sistemi legati all'AI siano sviluppati e utilizzati in linea con i valori della società.

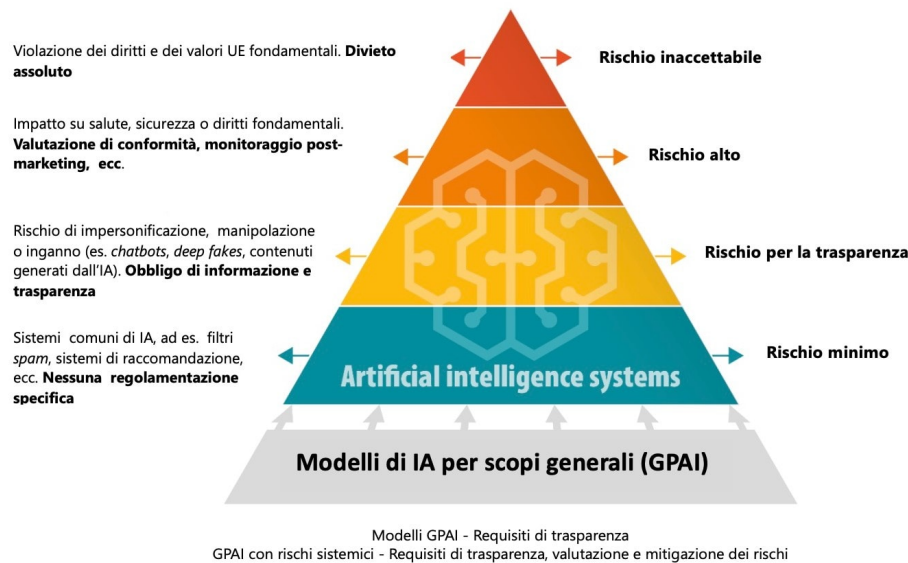
### 5.3.1 Legislazione e politiche internazionali

Molti Paesi hanno cominciato a regolamentare aspetti e conseguenze dell'uso dell'AI; tuttavia, data la velocità con cui le tecnologie evolvono, la formulazione di normative complete appare una sfida. Molte questioni, inoltre, restano aperte, come la protezione della privacy e dei dati personali, la tutela della proprietà intellettuale e dei prodotti dell'IA generativa, il rischio di profilazione dei giudici e l'avvento di una "giustizia predittiva".

La Commissione Europea, preoccupata che l'uso dell'IA possa "pregiudicare i valori su cui si fonda l'Unione e causare violazioni dei diritti fondamentali". La Commissione ha proposto, nell'Aprile 2021, il primo quadro normativo dell'UE sull'IA. Esso propone che i sistemi di Intelligenza Artificiale utilizzabili in diverse applicazioni siano analizzati e classificati in base al rischio che rappresentano per gli utenti. I diversi livelli di rischio comporteranno una maggiore o minore regolamentazione. (Figura 5.1) La Commissione Europea ha elencato le regole diverse per i diversi livelli di rischio. Questi ultimi sono:

- *Rischio inaccettabile*: i sistemi di Intelligenza Artificiale sono considerati a rischio inaccettabile, e pertanto vietati, quando costituiscono una minaccia per le persone.
- *Alto rischio*: i sistemi di Intelligenza Artificiale che influiscono negativamente sulla sicurezza o sui diritti fondamentali saranno considerati ad alto rischio. Tra questi ci sono due categorie: i sistemi di AI utilizzati in prodotti (giocattoli, automobili, dispositivi medici, etc.) e tutti i sistemi che rientrano in determinate categorie, come identificazione e categorizzazione biometrica, istruzione e formazione professionale, assistenza nell'interpretazione e applicazione legale della legge, etc. Tutti i sistemi di Intelligenza Artificiale ad alto rischio saranno valutati prima di essere messi sul mercato e durante tutto il loro ciclo di vita.

- *Rischio per la trasparenza*: i sistemi di Intelligenza Artificiale a rischio per la trasparenza sono tutti quei chatbot, come ChatGPT, dove vi potrebbe essere il rischio di manipolazione o inganno.
- *Rischio minimo*; i sistemi di AI a rischio minimo sono tutti quei sistemi comuni, come i sistemi di raccomandazione, che ci consigliano quello che potrebbe piacerci, o i filtri spam presenti nei gestori mail, che permettono di filtrare le email che provano ad ingannare l'utente tramite una pubblicità invasiva.



**Figura 5.1:** Infografica che rappresenta i rischi e le limitazioni che è necessario dare ai sistemi di AI.

Sotto questo aspetto, l'Italia è stata uno dei primi Paesi a salvaguardare la sicurezza dei cittadini, tramite normative che riguardano la guida autonoma e gli assistenti vocali. Anche l'Europa in generale è molto più attenta ai rischi derivanti dall'Intelligenza Artificiale rispetto alle altre nazioni come, ad esempio gli Stati Uniti.

### 5.3.2 Standard industriali e certificazioni

In risposta all'ascesa dell'Intelligenza Artificiale (AI) e alle sfide che essa crea, l'ISO e l'IEC hanno creato lo standard ISO/IEC 42001. ISO/IEC 42001 è il primo standard internazionale di sistema di gestione per l'AI. Sebbene esistano altre norme, la ISO/IEC 42001 è l'unica certificabile. Esso stabilisce i requisiti per stabilire, implementare, mantenere e migliorare continuamente un sistema di gestione dell'AI. Lo scopo della norma è garantire che i sistemi siano sviluppati e utilizzati in modo responsabile. Un altro standard che è stato creato è lo standard ISO/IEC 5338, che si concentra sul ciclo di vita dei sistemi di IA, offrendo indicazioni dettagliate sui processi che supportano la definizione, il controllo, la gestione, l'esecuzione e il miglioramento dei sistemi di IA in tutte le fasi del ciclo di vita.

## 5.4 Studi di casi aziendali

### 5.4.1 Successi e fallimenti

L'adozione dell'Intelligenza Artificiale ha portato a risultati contrastanti nelle aziende, evidenziando esempi di successo, in cui l'AI ha migliorato processi e profitti, e casi di

fallimento, che mostrano i rischi legati a una pianificazione inadeguata o a errori di implementazione.

### Casi di successo

Uno dei più noti casi di successo nell'adozione dell'AI è quello di *Netflix*, che ha rivoluzionato il settore dello streaming grazie a un sistema di raccomandazione basato su algoritmi avanzati di machine learning. Questo sistema analizza le abitudini degli utenti, permettendo a Netflix di suggerire contenuti personalizzati e migliorare l'esperienza del cliente.

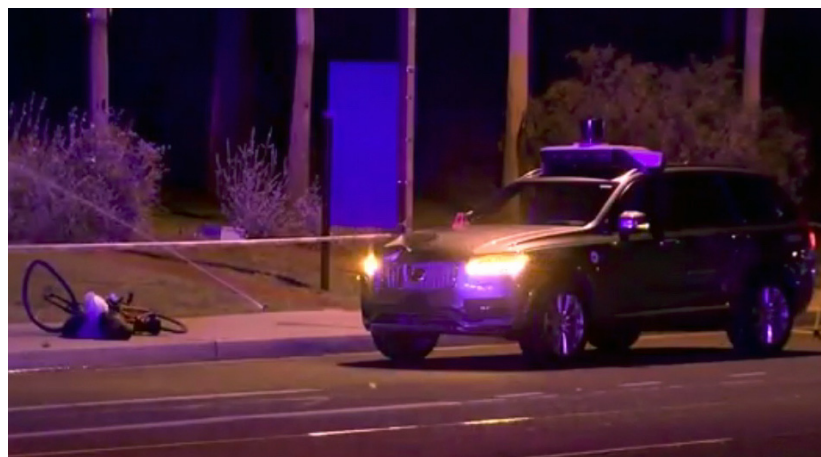
Un altro esempio di successo è quello di *Amazon*, che utilizza l'Intelligenza Artificiale per ottimizzare la gestione della supply chain e per prevedere la domanda dei prodotti. Attraverso algoritmi di machine learning, Amazon è in grado di prevedere con elevata precisione le preferenze di acquisto, riducendo i tempi di consegna e gestendo le scorte in modo efficace.

Nel settore sanitario, *IBM Watson* ha ottenuto successi nel supporto diagnostico per malattie complesse. Grazie alla sua capacità di analizzare enormi quantità di dati medici, Watson aiuta i medici a formulare diagnosi più accurate e a scegliere i trattamenti più appropriati. Un caso notevole è quello dell'impiego di Watson per migliorare il trattamento del cancro, dove l'AI assiste i medici nella scelta di cure personalizzate, aumentando le probabilità di successo terapeutico.

### Casi di fallimento

Non tutte le aziende e, in particolare, i progetti che si basano sull'Intelligenza Artificiale hanno avuto successo. Tra questi, un esempio rilevante è quello di *Microsoft Tay*, un chatbot lanciato su Twitter nel 2016. Tay era stato progettato per apprendere dai tweet degli utenti e interagire in modo naturale; tuttavia, a causa della mancanza di filtri adeguati e della vulnerabilità agli abusi, Tay iniziò a pubblicare contenuti offensivi e inappropriati in poche ore, obbligando Microsoft a ritirarlo dalla piattaforma. Questo richiama il problema di cui abbiamo parlato in precedenza, ovvero dei bias cognitivi e della discriminazione da parte dell'AI.

Un altro esempio di fallimento è rappresentato dall'implementazione dell'AI di *Uber* per la guida autonoma. Nel 2018, un veicolo a guida autonoma di Uber ha causato un incidente mortale in Arizona investendo una donna in bici (Figura 5.2), portando alla sospensione dei test su strada e sollevando dubbi sulla sicurezza della tecnologia di guida autonoma.



**Figura 5.2:** Foto scattata in seguito all'incidente, dove sulla destra si vede la macchina di Uber guidata autonomamente



Gli esempi che abbiamo illustrato mostrano sia i vantaggi significativi che l'AI può offrire alle aziende, sia le sfide e i rischi associati alla sua implementazione. Per garantire che i sistemi di AI apportino valore senza generare danni, sono essenziali pianificazioni e test rigorosi.

### 5.4.2 Applicazioni per settore

Tra i settori in cui si sono diffusi maggiormente i sistemi di Intelligenza Artificiale vi è, sicuramente, quello informatico. In questo campo, e in particolare nello sviluppo software, la generative AI può scrivere codice di base, permettendo ai programmatori umani di concentrarsi su compiti più complicati, come abbiamo visto nel capitolo precedente con Amazon Q Developer. Questi copilot possono aiutare i programmatori nel risolvere un problema, e possono essere interpellati al posto dei motori di ricerca o di altre risorse per trovare le risposte.

Un altro settore è quello dell'economia e del marketing. Infatti, diversi esperti indicano il supporto al marketing come uno dei punti di forza dell'Intelligenza Artificiale generativa, la quale può creare materiali personalizzati, analizzare i dati dei clienti e aiutare nella creazione di contenuti. Inoltre l'Intelligenza Artificiale generativa può estrarre le indicazioni dei clienti dalle recensioni, invece di richiedere alle aziende di commissionare sondaggi.

Come abbiamo anticipato precedentemente, un settore d'interesse è sicuramente quello della cybersecurity e del rilevamento delle frodi. Infatti, diverse aziende di cybersecurity stanno utilizzando l'Intelligenza Artificiale generativa per migliorare gli strumenti che cercano comportamenti sospetti o insoliti nella rete e nell'infrastruttura informatica di un cliente. I sistemi di AI possono essere utilizzati anche per il rilevamento avanzato delle frodi, le cui attività possono essere previste con grande precisione analizzando i modelli di transazione e i comportamenti degli utenti.

L'Intelligenza Artificiale generativa viene utilizzata anche nella scoperta di nuovi farmaci, modellando molecole complesse e prevedendo le loro interazioni. Grazie a ciò si può ridurre significativamente il tempo necessario per portare nuovi farmaci sul mercato. Questi e moltissimi altri settori si stanno affacciando al mondo dell'AI tanto che, a breve, sarà necessario avere il supporto dell'AI per continuare ad essere competitivi sul mercato.

## 5.5 Verso una AI responsabile e sicura

### 5.5.1 Strategie per uno sviluppo sostenibile dell'AI

Per garantire uno sviluppo sostenibile dell'Intelligenza Artificiale è necessario adottare strategie che bilancino l'innovazione con la responsabilità sociale. Uno sviluppo sostenibile implica la trasparenza nell'uso dei dati e una maggiore attenzione alla privacy. Infatti, le aziende dovrebbero garantire che i dati personali vengano trattati in conformità con le normative vigenti e che gli algoritmi siano progettati per minimizzare i rischi di bias e discriminazione. Inoltre le aziende devono impegnarsi a educare il pubblico sull'uso dell'AI e sui suoi limiti.

### 5.5.2 Collaborazione tra industria, governo e ricerca

Una collaborazione tra industria, governo e ricerca è essenziale per uno sviluppo responsabile e sicuro dell'Intelligenza Artificiale. Questa cooperazione unisce competenze tecniche, regolamentazioni e innovazione, creando standard e linee guida per un'implementazione sicura dell'AI. A livello internazionale, i governi possono stabilire regole comuni, come il GDPR in Europa, un pacchetto di misure per proteggere la privacy e i dati personali. Inoltre,

con i finanziamenti pubblici che incentivano la ricerca e con il contributo delle università, che supportano la ricerca su temi critici come i bias algoritmici e la sicurezza dei dati, garantendo un uso etico e trasparente della tecnologia, si può arrivare a grandi risultati in poco tempo, sfruttando solo il meglio di quello che questa nuova tecnologia può offrire.

---

## Intelligenza Artificiale ed etica

---

*In questo capitolo si esplora il complesso rapporto tra etica e Intelligenza Artificiale, con un focus sulle implicazioni morali e sociali legate al suo sviluppo e utilizzo. Si parte definendo l'etica nell'ambito dell'AI, sottolineandone l'importanza per garantire che queste tecnologie rispettino i valori fondamentali della società. Successivamente, si analizzano le principali sfide etiche, come la tutela della privacy, la responsabilità nelle decisioni algoritmiche e i rischi di manipolazione e disinformazione. Infine, vengono presentate alcune soluzioni e approcci per uno sviluppo etico dell'AI, tra cui l'elaborazione di linee guida internazionali, lo sviluppo di algoritmi trasparenti e interpretabili e il ruolo cruciale delle normative per regolamentare l'uso responsabile di queste tecnologie.*

### 6.1 L'importanza dell'etica nell'AI

#### 6.1.1 Definizione di etica nell'ambito dell'AI

Per etica nell'ambito dell'Intelligenza Artificiale (AI) si intende quell'insieme di principi e linee guida che mirano a garantire che lo sviluppo, l'implementazione e l'uso di queste tecnologie siano allineati ai valori e ai diritti fondamentali della società. Infatti, con l'introduzione dell'AI in ambiti sempre più critici, come la sanità, la giustizia e i trasporti, emerge l'importanza di un approccio etico che tuteli i diritti degli individui.

Un'Intelligenza Artificiale etica dovrebbe integrare concetti come trasparenza, equità, privacy e responsabilità. L'etica, però, non è associata all'AI stessa, dato che quest'ultima, ad oggi, non ha una coscienza propria, ma è associata alle persone e alle aziende che creano e utilizzano gli strumenti di Intelligenza Artificiale. Gli algoritmi di AI devono essere progettati in modo da minimizzare i pregiudizi e massimizzare l'equità nei risultati, evitando discriminazioni su base etnica, di genere o socio-economica. Inoltre, la trasparenza è fondamentale per garantire che gli utenti possano comprendere e fidarsi delle decisioni prese dall'AI.

#### 6.1.2 Implicazioni sociali e morali dell'AI

L'introduzione dell'AI nella società ha profonde implicazioni sociali e morali, che richiedono un'attenta considerazione. L'Intelligenza Artificiale ha il potenziale di trasformare numerosi aspetti della vita quotidiana, dalla sanità alla giustizia, dall'educazione alla sicurezza, ma questa rivoluzione pone anche delle questioni etiche significative. Tra le principali implicazioni

sociali vi è il rischio di disuguaglianze e discriminazioni, come citato nel capitolo precedente. Gli algoritmi, infatti, possono riflettere e amplificare i pregiudizi presenti nei dati su cui vengono addestrati, con il risultato di trattamenti ingiusti verso determinate categorie di persone. Questo problema è particolarmente critico in settori come la giustizia penale o il credito, dove le decisioni prese dall'AI possono avere conseguenze dirette sulla vita delle persone. Un'altra implicazione morale rilevante è il concetto di autonomia e controllo umano. Infatti, man mano che i sistemi di AI diventano più autonomi, si solleva la questione di chi detenga il controllo e la responsabilità delle loro azioni. Digni di nota sono tutti i robot, gli avatar e le app con AI utilizzate nel mondo della clinica; infatti, i sistemi messi a disposizione dei clinici sono composti da algoritmi molto avanzati in grado di simulare e riprodurre diverse funzioni motorie, come movimento di arti o oculare, ma anche di simulare il linguaggio, grazie al Natural Language Processing (NLP). Gli avatar, ad esempio, sono utilizzati nel trattamento di alcuni disturbi come psicosi, schizofrenia, depressione e fobie. Come Kognito (Figura 6.1) che viene usato nell'educazione e nella formazione alla prevenzione del rischio suicidario.

Tutte queste implicazioni sociali e morali dell'AI richiedono una riflessione etica profonda, per garantire che queste tecnologie siano utilizzate in modo responsabile, rispettando i valori e i diritti della società.



**Figura 6.1:** Avatar che simulano alcuni disturbi in modo da formare i nuovi clinici sul tema della prevenzione dei suicidi con Kognito

## 6.2 Sfide etiche legate all'AI

### 6.2.1 Privacy e sorveglianza

L'Intelligenza Artificiale ha reso possibile la raccolta, l'analisi e l'interpretazione di un'enorme quantità di informazioni personali. Tuttavia, questa capacità comporta significative sfide etiche in termini di privacy e sorveglianza.

Uno dei principali problemi è la raccolta e l'elaborazione dei dati personali. Molte applicazioni di AI, come gli assistenti vocali e i sistemi di raccomandazione, richiedono l'accesso a dati sensibili per funzionare in modo ottimale. Questi dati, però, sono spesso raccolti senza un consenso pienamente informato, e possono includere informazioni altamente personali, come abitudini di consumo, preferenze politiche e persino caratteristiche biometriche. La mancanza di trasparenza nelle modalità di raccolta e utilizzo dei dati rappresenta una violazione dei diritti alla privacy degli individui.

Inoltre, l'AI può essere utilizzata per implementare sistemi di sorveglianza su larga scala. Tecnologie come il riconoscimento facciale e il tracciamento dei dispositivi mobili sono già state impiegate da governi ed aziende per monitorare il comportamento dei cittadini. Se,

da una parte, ciò può essere giustificato in nome della sicurezza pubblica, dall'altra può sollevare grande preoccupazione a causa del rischio di abusi e di società ipercontrollate. Un esempio tra queste ultime è sicuramente la Cina che, con il suo *"Social Credit System"*, sta sperimentando un sistema di controllo sociale. Questo è un meccanismo per valutare persone, aziende e amministrazioni locali che dovrebbe consentire di organizzare in maniera affidabile una complessa mole di informazioni relative a pagamenti, comportamenti, sanzioni e molto altro, e di utilizzarle per valutare i soggetti e per implementare gli effetti di questa valutazione. Conseguentemente a questa valutazione, viene assegnato un rating ai cittadini, i quali, in caso di rating negativo, possono vedersi preclusa l'opportunità di comprare biglietti di treni o aerei, o soggiornare a certe categorie di hotel. Sotto questo punto di vista, l'utilizzo dell'AI per il monitoraggio del comportamento dei cittadini, ha delle implicazioni profonde per le libertà individuali e per la mancanza di privacy.

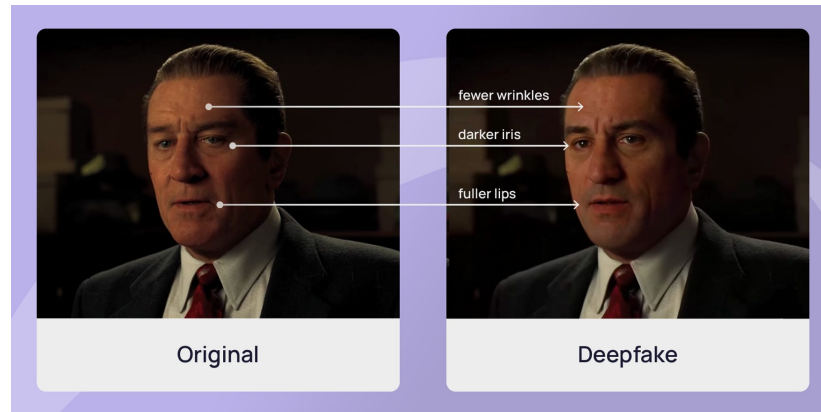
### 6.2.2 Responsabilità e accountability

Un aspetto cruciale dell'etica legata all'Intelligenza Artificiale è la questione della responsabilità e dell'accountability, cioè la capacità di individuare chi sia responsabile delle decisioni e delle azioni intraprese dai sistemi di AI. Una delle principali sfide è legata alla *"black box"* degli algoritmi di apprendimento automatico. I modelli di Machine Learning, in particolare quelli basati su reti neurali profonde, spesso producono risultati senza che nemmeno i loro sviluppatori siano in grado di spiegare esattamente come siano stati raggiunti. Da qui si pone un problema: come possiamo attribuire la responsabilità per una decisione sbagliata o per un danno causato da un sistema di AI se il processo con il quale esso è arrivato ad una risposta è opaco?

Un altro punto critico riguarda la distribuzione delle responsabilità tra le parti coinvolte nello sviluppo e nell'implementazione dell'AI. Infatti, in caso di errori o malfunzionamenti, la responsabilità ricade su chi ha progettato l'algoritmo? Sulle aziende che lo hanno implementato? Sugli utenti finali che lo hanno utilizzato in modo improprio? Dati i numerosi interrogativi a cui non si riesce a rispondere, vi è il rischio che la responsabilità venga diluita, o addirittura evitata. Infatti, alcune organizzazioni potrebbero sfruttare la complessità tecnica dell'AI per sfuggire alle proprie responsabilità, attribuendo errori al sistema piuttosto che a decisioni umane. Per affrontare questa sfida, è fondamentale stabilire norme e regolamenti chiari che definiscano i criteri di accountability per i sistemi di AI.

### 6.2.3 Manipolazione e disinformazione

L'AI, rivoluzionando la comunicazione e l'accesso all'informazione, ha anche aperto la strada a forme sofisticate di manipolazione e disinformazione. Gli strumenti di AI, come i modelli di generazione del linguaggio, possono essere utilizzati per creare contenuti falsi ma estremamente convincenti, contribuendo alla diffusione di fake news. Uno degli esempi più preoccupanti è rappresentato dai cosiddetti deepfake (Figura 6.2), video e foto generati dall'AI in cui il volto e la voce di una persona vengono alterati per creare scene mai accadute. Questi strumenti, se utilizzati in modo malevolo, possono compromettere la reputazione di individui o influenzare elezioni politiche.



**Figura 6.2:** Differenza tra un'immagine di Robert De Niro originale e una generata con AI

Anche il tema della disinformazione è un punto molto critico; infatti l'Intelligenza Artificiale sta trasformando la sfera della disinformazione, mettendo in discussione la fiducia nelle informazioni online e sollevando importanti interrogativi sulla libertà di espressione e sulla manipolazione dell'opinione pubblica.

Per moderare questi rischi, è necessario sviluppare strumenti in grado di identificare e contrastare le fake news, promuovendo un uso responsabile dell'AI. Inoltre è cruciale educare il pubblico sull'importanza di un approccio critico alle informazioni, per garantire che l'AI non diventi un'arma di disinformazione e manipolazione.

## 6.3 Soluzioni e approcci per un'AI etica

### 6.3.1 Linee guida e principi etici per lo sviluppo dell'AI

L'avvento dell'Intelligenza Artificiale ha reso necessaria l'adozione di alcune linee guida e di alcuni principi etici, atti ad orientare lo sviluppo responsabile di queste tecnologie.

Uno dei principali riferimenti a livello internazionale è costituito dai Principi di AI dell'OCSE (Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico). Questi hanno lo scopo di guidare i governi, le organizzazioni e gli individui nella progettazione e gestione dei sistemi di IA, mettendo al primo posto gli interessi delle persone, e garantendo che i progettisti e gli operatori dei sistemi di IA siano ritenuti responsabili del loro corretto funzionamento. I cinque principi fondamentali delineati dall'OCSE sono i seguenti:

- *Inclusione e benessere umano:* l'Intelligenza Artificiale deve portare beneficio a favore delle persone e del pianeta, stimolando la crescita inclusiva, lo sviluppo sostenibile e il benessere.
- *Equità:* i sistemi di AI vanno progettati in modo da rispettare lo stato di diritto, i diritti umani, i valori democratici e la diversità. Inoltre, dovrebbero includere salvaguardie appropriate per garantire una società giusta ed equa, ad esempio consentendo, se necessario, l'intervento umano.
- *Trasparenza:* per garantire che le persone comprendano tutto ciò che è collegato al loro utilizzo e possano sfruttare al meglio i loro risultati, ci deve essere trasparenza e divulgazione responsabile intorno ai sistemi di Intelligenza Artificiale.
- *Sicurezza:* i sistemi di AI devono funzionare in modo solido e sicuro, per tutta la durata delle loro applicazioni, e i potenziali rischi vanno continuamente valutati e gestiti.

- *Responsabilità*: le organizzazioni e gli individui che sviluppano, utilizzano o gestiscono sistemi di AI dovrebbero essere ritenuti responsabili del loro corretto funzionamento.

Anche l'Unione Europea, con il progetto di Regolamento sull'Intelligenza Artificiale (AI Act), ha proposto un approccio basato sul rischio, introducendo norme per garantire che i sistemi di AI rispettino i diritti fondamentali, in particolare in contesti ad alto impatto, come la sanità e la giustizia.

### 6.3.2 Algoritmi trasparenti e interpretabili

La trasparenza e l'interpretabilità degli algoritmi rappresentano una delle principali sfide nell'ambito dell'AI etica. Questi due concetti sono essenziali per aumentare la fiducia nei sistemi basati sull'Intelligenza Artificiale. Per trasparenza si intende la capacità di rendere comprensibili le modalità con cui un sistema di AI funziona, incluse le fonti dei dati utilizzati, i processi di addestramento e i criteri alla base delle decisioni prese. Questo è particolarmente importante nei settori in cui le decisioni basate sull'AI possono avere un impatto significativo, come la sanità, la giustizia e il credito. L'interpretabilità, invece, si riferisce alla possibilità di comprendere e analizzare il comportamento del modello stesso. Gli algoritmi complessi, come quelli basati su reti neurali profonde, sono difficili da comprendere a causa della loro opacità intrinseca. Questa caratteristica rende difficile spiegare le decisioni del modello, causando potenziali problemi di responsabilità e fiducia. Per affrontare questo problema, la comunità scientifica sta sviluppando strumenti come *LIME* (*Local Interpretable Model-Agnostic Explanations*) e *SHAP* (*SHapley Additive exPlanations*), che aiutano a rendere interpretabili i modelli di AI senza sacrificarne l'efficienza.

Con algoritmi più chiari e comprensibili si può migliorare la collaborazione tra AI e utenti umani, favorendo l'accettazione delle tecnologie e la loro integrazione nei processi decisionali.

Nel corso di questa tesi, è stata condotta un'analisi approfondita dell'Intelligenza Artificiale, esplorandone le radici teoriche, le applicazioni pratiche e le implicazioni etiche e sociali. Inizialmente, è stato tracciato un quadro generale dell'AI, partendo da una definizione chiara del concetto e delle tecnologie fondamentali che ne costituiscono la struttura, per poi ripercorrerne l'evoluzione storica fino ad oggi. Successivamente, l'attenzione si è focalizzata su tre strumenti avanzati offerti da Amazon Web Services - Amazon Comprehend Medical, Amazon Lex e Amazon Q Developer - esaminandone le caratteristiche tecniche e funzionali attraverso un approccio pratico che ha incluso casi di studio concreti. Questo lavoro ha permesso di evidenziare sia i benefici che tali strumenti offrono nell'ottimizzazione dei processi aziendali e sanitari, sia le limitazioni che ne condizionano l'adozione in scenari complessi. Un ulteriore capitolo è stato dedicato alle opportunità e alle minacce dell'Intelligenza Artificiale, con particolare riferimento agli impatti economici, sociali e politici, mettendo in luce i rischi legati alla perdita di posti di lavoro, ai bias algoritmici e alla sicurezza dei dati. Infine, è stato affrontato il delicato tema dell'etica, proponendo soluzioni e approcci orientati a garantire uno sviluppo responsabile e trasparente, con un focus su linee guida e algoritmi interpretabili. Questo lavoro ha, quindi, offerto un contributo multidimensionale, integrando aspetti teorici, applicativi ed etici per fornire una visione completa dell'argomento.

Per quanto riguarda gli sviluppi futuri, si identificano molteplici direzioni promettenti, sia per quanto concerne il lavoro svolto sia per il settore in generale. Sul piano tecnologico, un'evoluzione naturale potrebbe essere l'integrazione di Amazon Comprehend Medical con algoritmi di Machine Learning più avanzati per migliorare ulteriormente la capacità di analisi predittiva e diagnosi assistita. Amazon Lex, invece, potrebbe beneficiare di un potenziamento delle sue capacità di apprendimento continuo, permettendo ai chatbot di adattarsi dinamicamente alle esigenze degli utenti e alle variazioni nel contesto. Per Amazon Q Developer, una possibile area di miglioramento risiede nello sviluppo di funzionalità di supporto al debugging automatizzato e nella maggiore personalizzazione dei suggerimenti di codice in base al contesto applicativo. In termini generali, sarà cruciale affrontare le questioni legate alla governance dell'AI, con l'introduzione di normative internazionali condivise e standard industriali che garantiscano trasparenza, sicurezza e inclusività. Infine, un aspetto centrale sarà il rafforzamento della collaborazione tra istituzioni accademiche, industria e governi, al fine di promuovere un progresso tecnologico sostenibile e capace di generare benefici diffusi per l'intera società, riducendo al contempo i rischi che potrebbero comprometterne l'adozione responsabile.



- (2020), «Challenges and Opportunities of AI in the Healthcare Sector», *Nature Digital Medicine*.
- (2020), «Ethical Review in the Age of Artificial Intelligence», *AI Ethics Journal*.
- (2020), «Ethics of AI: Bias and Responsibility», *Science and Engineering Ethics*.
- (2020), «Integrating Ethics in AI Development: A Qualitative Study», *BMC Medical Ethics*.
- (2020), «The Role of Transparency in AI Decision-Making», *Journal of Artificial Intelligence Research*.
- (2021), «AI Governance: International Strategies and Policies», *Journal of Public Administration Research*.
- (2021), «Algorithmic Bias and Its Implications in AI», *IEEE Transactions on Neural Networks*.
- ARESU, A. (2021), *Geopolitica dell'intelligenza artificiale*, Editore Laterza.
- BOSTROM, N. (2014), *Superintelligenza*, Bollati Boringhieri.
- COECKELBERGH, M. (2020), *AI Ethics*, MIT Press.
- DOMINGOS, P. (2016), *L'algoritmo definitivo: La macchina che impara da sola e il futuro del nostro mondo*, Bollati Boringhieri.
- FINLAY, S. (2018), *Artificial Intelligence and Machine Learning for Business*, Relativistic.
- FLORIDI, L. (2017), *La quarta rivoluzione: Come l'infosfera sta trasformando il mondo*, Cortina Raffaello.
- KISSINGER, H., HUTTENLOCHER, D. e SCHMIDT, E. (2021), *L'era dell'intelligenza artificiale: Il futuro dell'identità umana*, Mondadori.
- NEGNEVITSKY, M. (2020), *Artificial Intelligence: A Guide to Intelligent Systems*, Pearson Education.
- O'NEIL, C. (2016), *Weapons of Math Destruction*, Crown.
- ROSSI, F. (2021), *Intelligenza artificiale: Come funziona e dove ci porta la tecnologia che sta trasformando il mondo*, Il Mulino.

SPITZER, M. (2018), *Intelligenza artificiale: Opportunità e rischi di una rivoluzione tecnologica che sta cambiando il mondo*, Il Mulino.

ZUBOFF, S. (2019), *The Age of Surveillance Capitalism*, PublicAffairs.

- **AgendaDigitale** – <https://www.agendadigitale.eu>
- **AI4Business** – <https://www.ai4business.it>
- **AlmaLaurea** – <https://www.almalaurea.it>
- **AltaLex** – <https://www.altalex.com>
- **Assolombarda** – <https://www.assolombarda.it>
- **AWS** – <https://aws.amazon.com/it/>
- **Bene Comune** – <https://www.benecomune.net>
- **Blog Osservatori** – [https://blog.osservatori.net/it\\_it](https://blog.osservatori.net/it_it)
- **CIO** – <https://www.cio.com/it/>
- **CyberSecurity360** – <https://www.cybersecurity360.it>
- **Deltalogix** – <https://deltalogix.blog>
- **DNV** – <https://www.dnv.it>
- **Enpam** – <https://www.enpam.it>
- **EnteCERMA** – <https://www.entecerma.it>
- **Frontiere** – <https://frontiere.io>
- **GarantePrivacy** – <https://www.garanteprivacy.it>
- **IBM** – <https://www.ibm.com/it-it>
- **ICTSecurity Magazine** – <https://www.ictsecuritymagazine.com>
- **Icom** – <https://www.i-com.it/>
- **Innovation Post** – <https://www.innovationpost.it>
- **Knowmad Mood** – <https://www.knowmadmood.it>
- **Liberties** – <https://www.liberties.eu/it>

- NEXTRE – <https://www.nextre.it>
- Senato – <https://www.senato.it>
- Skilla – <https://www.skilla.com>
- State of Mind – <https://www.stateofmind.it>
- Wikipedia – [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

---

## Ringraziamenti

---

Vorrei iniziare questi ringraziamenti esprimendo la mia gratitudine a tutte le persone che, con il loro supporto e incoraggiamento, hanno reso possibile questo percorso e il raggiungimento di questo importante traguardo.

In primis, vorrei ringraziare il mio relatore, il prof. Domenico Ursino, che con la sua pazienza e disponibilità ha reso possibile lo svolgimento del tirocinio e la stesura di questa tesi.

Inoltre, vorrei ringraziare tutta la mia famiglia, a partire da mia mamma, che mi ha sostenuto sia a livello morale che economico, fino ad arrivare ad Ele e Mary, che con il loro supporto e la loro disponibilità mi sono sempre state vicine.

Inoltre, un ringraziamento speciale va ad Asia, la mia ragazza, che mi ha sempre dato la forza necessaria per affrontare le difficoltà che si sono presentate lungo il percorso. Con il suo costante sostegno, mi ha fatto sentire all'altezza di ogni sfida e mi ha aiutato a credere in me stesso, facendomi capire che, se ne ho voglia, sono capace di raggiungere qualsiasi obiettivo.

Vorrei ringraziare, inoltre, tutti gli amici conosciuti durante il percorso universitario, con cui ho condiviso non solo le esperienze accademiche, ma anche momenti di svago e divertimento, tra serate e chiacchierate. Un ringraziamento va anche ai miei coinquilini, in particolare ad Andrea, che mi ha dato i primi consigli utili per affrontare gli esami e che ha reso i momenti lontani da casa un pò meno noiosi.