



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SALERNO

Dipartimento di Informatica

Corso di Laurea Triennale in Informatica

TESI DI LAUREA

# **Intelligenza Artificiale in Medicina: Una Analisi Sistemica, Tool-Based dello Stato dell'Arte**

RELATORE

**Prof. Fabio Palomba**

Università degli Studi di Salerno

CANDIDATO

**Muriel Rossi**

Matricola: 0512108159

Anno Accademico 2021-2022

*Detesta il vuoto dei rumori della realtà, ma col volume a stecca può sopravvivere*

## Sommario

I sistemi di Intelligenza Artificiale (IA) si stanno diffondendo in tutti i campi, facendo emergere sempre nuove possibilità e nuovi campi di applicazione. L'utilizzo in campo medico è diventato, d'altra parte, indispensabile per l'interpretazione delle enormi quantità di dati che vengono generate ogni giorno, da milioni di persone. E' impensabile assegnare ad un essere umano l'analisi e l'interpretazione di tutti questi dati. L'utilizzo di una "macchina intelligente", che sia in grado analizzarli sembrerebbe essere la soluzione. Eppure l'IA, tutt'oggi, si sta solo timidamente affacciando a quello che potrebbe essere il suo più vasto e produttivo campo di applicazione.

Lo scopo di questa ricerca è quello di individuare le tecniche d'Intelligenza Artificiale più utilizzate ed i principali campi di applicazione nel contesto medico. Ci si pone poi, come ulteriore obiettivo, l'individuazione delle principali metodologie di applicazione (allo scopo di identificare eventuali tecnologie che possano facilitarne l'utilizzo) e lo studio dei possibili motivi che ne intralcino la sua diffusione. La ricerca è stata condotta tramite l'utilizzo di tool, che hanno facilitato in primo luogo il prelevamento degli articoli da utilizzare (grazie all'utilizzo di Selenium), ed in secondo luogo, hanno semplificato e reso più precisa la loro analisi (impiegando GPT-3).

I risultati della ricerca hanno infine individuato importanti aspetti, che si spera possano essere utili ad indirizzare le future ricerche verso una strada che meglio abbracci le necessità dei medici, e fornisca loro mezzi semplici per utilizzare le nuove tecnologie.

Dall'analisi condotta, si è potuto osservare che le principali tecniche di IA adoperate in campo medico siano la "classificazione" ed il "riconoscimento di immagini", ed il principale ambito di utilizzo sia nella "predizione di diagnosi mediche". Da tener nota che la maggior parte delle ricerche prese in esame, ha utilizzato queste tecnologie per la prevenzione e la diagnosi dell'infezione da Covid19 (intuibilmente sia perchè la pubblicazione delle ricerche prese in esame risale al range di anni che vanno dal 2019 al 2022, sia perchè il virus del Covid19 comporta dei segni fisici evidenti, che ben si prestano all'utilizzo di tecniche di classification ed image detection).

L'utilizzo di dispositivi di IoT, inoltre, è stato ricorrente nelle varie ricerche, utilizzati sia per l'analisi di vari parametri medici del paziente, che per la somministrazione automatica di farmaci.

In ultimo, l'analisi dei possibili ostacoli alla ricerca medica, ha evidenziato come, tutt'oggi, ci sia una generale paura ad affidare nelle "mani" di "oggetti intelligenti" la scelta di una cura o di una previsione medica (anche se dimostrato che potrebbe comportare un minore tasso d'errore).

Il timore sembra essere scaturito in parte dall'ignoranza del funzionamento dei nuovi dispositivi ed in parte dal terrore che i media hanno scaturito al riguardo.

Link alla repository su github: <https://github.com/MurielRossi/scrapingScopus>

<b>Indice</b>	<b>iii</b>
<b>Elenco delle figure</b>	<b>v</b>
<b>1 Introduzione</b>	<b>1</b>
1.1 Contesto Applicativo . . . . .	1
1.2 Motivazioni e Obiettivi . . . . .	2
1.3 Risultati ottenuti . . . . .	2
1.4 Struttura della tesi . . . . .	3
<b>2 Approccio alla ricerca</b>	<b>4</b>
2.1 Obiettivi dell'analisi . . . . .	4
2.2 Formulazione search query . . . . .	5
2.3 Definizione dei criteri di esclusione/inclusione . . . . .	7
2.4 Raccolta e selezione degli articoli . . . . .	10
2.5 Pulizia dei dati . . . . .	11
2.6 Analisi dei dati . . . . .	13
<b>3 Risultati</b>	<b>16</b>
3.1 Maggiori campi di applicazione . . . . .	17
3.2 Dispositivi più utilizzati . . . . .	19
3.3 Possibili ostacoli al progresso . . . . .	20

---

<b>4 Conclusioni</b>	<b>22</b>
4.1 Lavoro svolto . . . . .	22
4.2 Risultati ottenuti . . . . .	23
4.3 Sviluppi futuri . . . . .	24
<b>Ringraziamenti</b>	<b>26</b>

---

## Elenco delle figure

---

2.1	Search Query, completa dei criteri di inclusione/esclusione . . . . .	7
2.2	Come si presenta Scopus . . . . .	8
2.3	Come l'applicazione dei criteri di esclusione ha notevolmente ridotto il numero di risultati . . . . .	9
2.4	Quest'immagine mostra l'applicativo in Selenium in esecuzione . . . . .	11
2.5	Una delle funzioni di pulizia utilizzate . . . . .	12
2.6	Esempio della metodologia di applicazione di GPT-3 . . . . .	14
2.7	Esempio della metodologia di applicazione di GPT-3 . . . . .	15
3.1	Alcuni dei risultati ottenuti tramite l'analisi dei vari articoli scientifici, grazie all'aiuto di GPT-3 . . . . .	16
3.2	Questo grafico mostra la suddivisione delle varie tecnologie di IA utilizzate .	17
3.3	Questo grafico mostra i vari campi di applicazione dell'IA nel campo medico	18
3.4	Esempio di alcuni risultati in ambito IoT . . . . .	20
3.5	Esempio di GPT-3 che estrae da un articolo i motivi per cui l'avvento dell'IA stia incontrando ostacoli . . . . .	21
4.1	Andamento delle ricerche nel range di anni 2019-2023 . . . . .	24

### 1.1 Contesto Applicativo

Il Sistema Sanitario continua a subire fallimenti e cadute, senza dare cenni di migliorie. La pandemia di Covid19 non ha fatto altro che evidenziare l'arretratezza del mondo sanitario, e le sue conseguenze. L'utilizzo di tecnologie ormai obsolete ha contribuito a mettere ulteriormente in difficoltà la ricerca scientifica. Nello specifico, quella che potrebbe essere una delle risorse più importanti per lo sviluppo di nuove tecnologie e tecniche, ovvero i dati (che, ad esempio, sono risultati fondamentali nella ricerca di soluzioni per arginare la pandemia di Covid19), sono generalmente raccolti male, lentamente e mal conservati. Per fare un esempio basti pensare al caso del Regno Unito, per cui un impedimento tecnico ha bloccato il caricamento dei dati di migliaia di persone positive. Questo ha portato a un ritardo nel tracciamento dei contatti che può essere costato moltissimi contagi, a causa dell'utilizzo di un foglio di calcolo Excel, incapace di gestire una simile quantità di dati [1]. Ma la causa dell'utilizzo di software ormai obsoleti non è sicuramente da imputare al progresso tecnologico, che continua a galoppare. L'utilizzo di tecniche di Intelligenza Artificiale ad esempio, successivamente alla battuta d'arresto subita a causa degli hardware, ancora non abbastanza potenti da poter elaborare una simile mole di dati, non è stato comunque esteso come avrebbe dovuto. Fra i vari motivi che potrebbero causare un rallentamento dell'adozione di queste tecnologie nella prima linea del sistema sanitario, emerge la possibilità che li sistemi sviluppati lato software non rispecchino il vero caso d'uso.



## 1.2 Motivazioni e Obiettivi

Questo lavoro di ricerca si prefige 3 scopi principali:

- analizzare il modo in cui l'Intelligenza Artificiale viene adoperata in ambito medico, sia riguardo le tecniche utilizzate, sia dal punto di vista degli ambiti in cui viene applicata;
- scoprire quali sono i principali metodi con cui è adoperata,
- investigare sugli ostacoli al suo sviluppo.

Si spera in questo modo di riuscire a creare un'interfaccia fra il mondo degli sviluppatori ed i veri utilizzatori: i medici di tutto il mondo.

## 1.3 Risultati ottenuti

I risultati di questa ricerca, ottenuti grazie a tool come Selenium e GPT-3, hanno dimostrato che le tecnologie di Intelligenza Artificiale più utilizzate riguardano agenti classificatori in primo luogo, e tecniche di image detection e classification. Il campo di applicazione medica in cui è stata maggiormente utilizzata, invece, riguarda la stipulazione di diagnosi di malattie. E' importante annotare che gli studi si sono concentrati maggiormente sulla diagnosi di infezione da Covid19. Questo può essere imputabile a due ragioni: la prima è i paper esaminati rientrano in un range d'anni che va dal 2019 fino al 2022. E' quindi facilmente intuibile quanto, la scelta di ricerche appartenenti ad una di queste date, possa aver particolarmente influito. Ma è ancor più interessante notare come, la presenza di segni evidenti fisici (come le classiche lesioni ai polmoni, ben individuabili nelle radiografie) abbia facilmente permesso l'utilizzo di tecniche per l'individuazione automatica della malattia. Un'altra annotazione degna di nota, riguarda come l'utilizzo di dispositivi di IoT, utili sia nella diagnosi che nella cura delle malattie, sia emerso dalla ricerca. Anche in questo caso, l'impiego per contrastare la diffusione della pandemia di Covid19, è risultato prevalente fra le ricerche. Per ultimo, analizzando quali potessero essere i motivi che, tutt'oggi, continuano a bloccare l'applicazione e la diffusione di tecniche e dispositivi che impiegano l'utilizzo dell'Intelligenza Artificiale, nell'utilizzo quotidiano da parte del mondo medico, un gran numero di risultati evidenziano ancora un clima di sfiducia e timore. Questo può riguardare sia un'inconscia paura di oggetti di cui non si conosce appieno il funzionamento, sia un timore che tecnologie di questo tipo possano prendere il sopravvento sulla mano umana, occupando alcuni campi di lavoro ed aumentando il tasso di disoccupazione.

## 1.4 Struttura della tesi

Le tematiche sopra menzionate sono state ampiamente discusse successivi capitoli. Di preciso, la tesi si compone di:

- **Capitolo 1: Introduzione** , tratta le motivazioni che hanno portato allo sviluppo di questa ricerca ed i vari obiettivi che si prefige,
- **Capitolo 2: Approccio alla Ricerca** , illustra le varie metodologie utilizzate per effettuare la ricerca,
- **Capitolo 3: Risultati** , descrive quali risultati sono stati ottenuti dalla ricerca effettuata,
- **Capitolo 4: Conclusioni** , spiega in che modo la ricerca possa essere utilizzata ed i suoi possibili sviluppi futuri.

Al fine di mettere luce sulla questione, si è deciso di utilizzare una metodologia di ricerca che si compone in diverse fasi: a partire dalla formulazione della domanda da cui avviare la scansione dei documenti, passando per la selezione di materiale inerente agli obiettivi preposti, fino all'analisi dei risultati ottenuti.

La fonte da cui si sono attinti i materiali è Scopus: un database contenente un vasto numero di articoli scientifici accreditati.

Per poter eseguire le varie operazioni di prelevamento ed analisi delle query, ha fatto da tramite la libreria "pybliometrics", che consente di utilizzare le API (Application Programming Interface) di Scopus.

### 2.1 Obiettivi dell'analisi

L'obiettivo di questa ricerca è quello di riuscire ad identificare, in primo luogo, in che modo l'Intelligenza Artificiale sia attualmente utilizzata nell'ambito medico e quindi nello specifico quali tecniche di Intelligenza Artificiale siano state utilizzate e quali applicazioni abbia avuto nel contesto medico. In secondo luogo, si vuole identificare in che modo viene attualmente applicata. In ultimo, si è voluto aggiungere all'analisi, la ricerca di eventuali motivazioni che attualmente bloccano il progresso tecnologico, e nello specifico l'adozione di tecniche di intelligenza artificiale, nella frontiera dell'ambito medico (quindi non più

solo nella ricerca ma nella loro adoperazione quotidiana). Si è quindi cominciata l'analisi con l'identificazione di tre domande, che guideranno tutta la ricerca:

- **Quali sono attualmente le principali applicazioni dell'IA nel mondo medico?**
- **In che modo viene attualmente applicata l'IA?**
- **Quali sono i principali ostacoli all'utilizzo dell'IA nel contesto medico?**

Per poter rispondere a queste domande, è stata utilizzata la metodologia della Systematic Literature Review (SLR), ovvero una tecnica che, dato un soggetto d'interesse, consiste nell'esaminare articoli inerenti già esistenti e, sintetizzandoli, riuscire a pervenire ad una visione complessiva dell'argomento. [2]

## 2.2 Formulazione search query

Uno dei punti più importanti per riuscire ad identificare dei buoni articoli, è quello di trovare delle parole chiave che identifichino al meglio il fulcro della ricerca. Per formulare quindi la "frase" da cui far partire la ricerca, sono state inizialmente identificate come parole chiave "Healthcare" ed "Artificial Intelligence"

Per poter catturare un numero più consistente possibile di risultati, sono stati identificati anche tutti i loro sinonimi, o altre parole che potessero aiutare nella ricerca. In questo caso, per quanto riguarda la parola "healthcare", sono state individuate le seguenti parole: "medic\*", in quanto l'asterisco finale serve ad identificare un qualsiasi suffisso della parola, e "bioinformatic" che, anche se non riguardante prettamente l'ambito medico, poteva essere utile ad identificare risorse dal punto di vista della ricerca.

Per quanto riguarda le parole "Artificial Intelligence", sono state inclusi anche i termini: "Machine Learning" che, anche se la tecnica consiste in un sottoinsieme dell'Intelligenza Artificiale, avrebbero potuto essere stati utilizzati come termine ad esclusione del primo.

La query è stata composta nel seguente modo:

- tutte le parole che identificavano uno stesso risultato, sono state accorpate all'interno di una parentesi, e congiunte tramite l'operatore logico "OR" (quindi tutti i termini simili ad healthcare sono stati accorpati in una parentesi, e tutti i termini simili ad Artificial Intelligence in un'altra)
- le frasi racchiuse fra le parentesi, sono state unite fra di loro tramite operatore logico "AND"

La query, al termine di questa fase, è stata quindi costruita in questo modo:

**( medic\* OR healthcare OR bioinformatic) AND ( ( artificial AND intelligence ) OR ( machine AND learning ) )**

## 2.3 Definizione dei criteri di esclusione/inclusione

Per evitare che i risultati potessero essere non coerenti, o non aderenti ai nostri obiettivi di ricerca, la formulazione della query ha previsto la definizione di alcuni criteri di esclusione. Nel particolare, è stato escluso dalla ricerca:

- materiale che riassumeva libri o capitoli di libri,
- materiale di tesi,
- materiale di sondaggi,
- papers derivanti da conferenze,
- lettere e note.

Sono stati in oltre esclusi

- articoli non completamente accessibili,
- articoli non in inglese,
- articoli il cui pdf non era leggibile,
- articoli prodotti prima del 2019,
- articoli il cui principale soggetto non appartenesse ad un campo medico oppure informatico.

Sono invece stati inclusi nella ricerca:

- articoli che trattavano dell'utilizzo dell'IA in ricerche mediche

La figura Figura2.1 illustra la query di ricerca, al termine della sua stipulazione.

```
q = " ( ( medic* OR healthcare OR bioinformatic) AND " \
    "( ( artificial AND intelligence ) OR ( machine AND learning ) ) ) " \
    "AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE , \"English\" ) AND ( LIMIT-TO ( SUBJAREA , \"MEDI\" ) ) \" \
    \"AND ( LIMIT-TO ( SUBJAREA , \"BIOC\" ) ) AND ( LIMIT-TO ( SUBJAREA , \"COMP\" ) ) \" \
    \"AND ( LIMIT-TO ( OA , \"all\" ) ) AND (EXCLUDE (DOCTYPE, \"cr\") ) AND (EXCLUDE (DOCTYPE, \"no\") ) \" \
    \"AND (EXCLUDE (DOCTYPE, \"le\") ) AND (EXCLUDE (DOCTYPE, \"bk\") ) AND (EXCLUDE (DOCTYPE, \"sh\") ) ) \"
```

**Figura 2.1:** Search Query, completa dei criteri di inclusione/esclusione

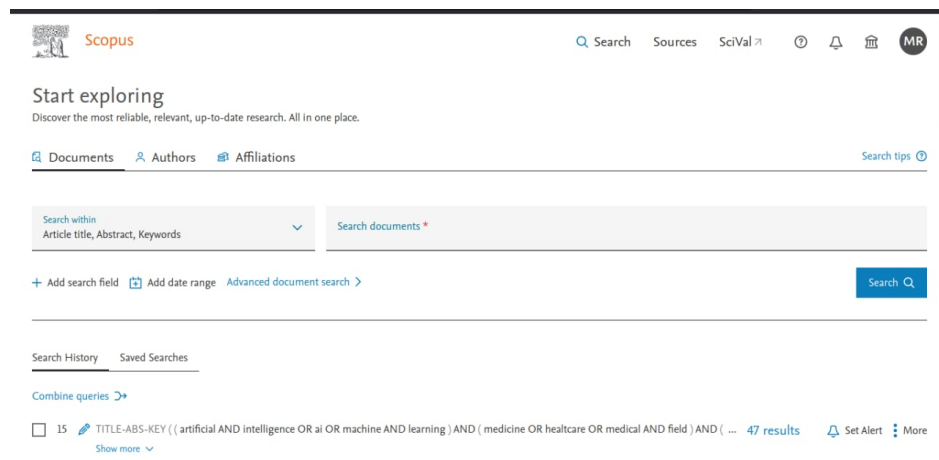
Per effettuare le ricerche, si è deciso di adoperare Scopus come fonte degli articoli da prelevare.

Scopus è un database che raccoglie innumerevoli articoli di ricerca. E' stato scelto in quanto viene periodicamente aggiornato, e permette la visualizzazione diretta di abstract e degli articoli completi ricercati.

Inoltre permette l'impostazione di alerts, nel caso in cui si voglia rimanere aggiornati circa uno specifico argomento o le pubblicazioni di un dato autore.

Consente anche di impostare filtri per escludere metriche o caratteristiche non desiderate.

Qui è mostrato come si presenta la homepage di Scopus Figura2.2.



**Figura 2.2:** Come si presenta Scopus

Per l'esecuzione della query, è stata utilizzata l'API di Scopus: "pybliometrics", in quanto dispone di diversi metodi estremamente utili nella ricerca.

In particolare, si divide in 3 sottoclassi, che mettono a disposizione un diverso tipo di funzionalità:

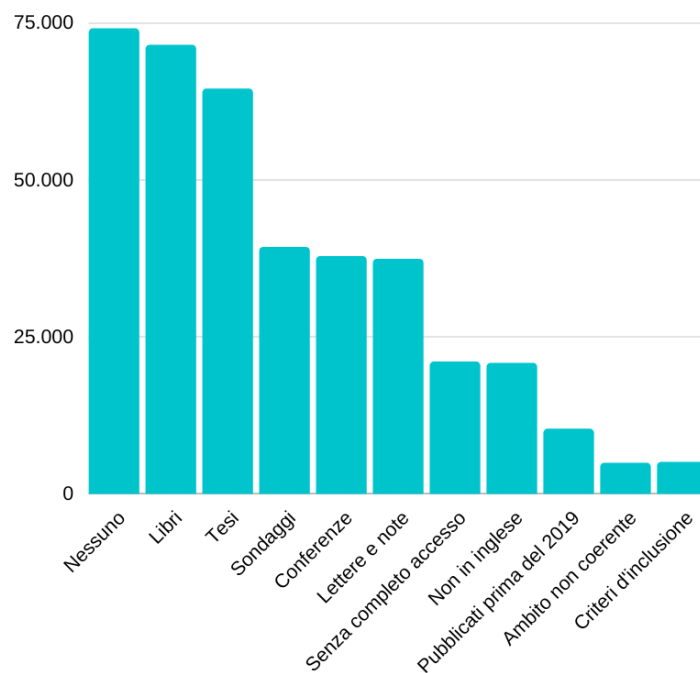
- **Search APIs** , permette di effettuare operazioni di ricerca,
- **Retrieval APIs** , permette di recuperare degli articoli, dato un oggetto,
- **Metadata APIs** , permette di accedere ai metadati di un particolare articolo.

Per effettuare la ricerca, si è utilizzata la classe "Search" che, data la query precedentemente stipulata in input, contattando il database di Scopus, ha restituito un insieme di 74,102 risultati.

Applicando però la selezione del materiale da utilizzare, filtrando tramite i criteri di esclusione ed inclusione, sono risultati infine 5,063.

Dai vari articoli scelti, in seguito, sono stati prelevati solamente titoli, che sono stati salvati all'interno di un file csv.

Di seguito è mostrato come l'applicazione dei criteri di esclusione abbia influenzato il numero di risultati Figura2.3.



**Figura 2.3:** Come l'applicazione dei criteri di esclusione ha notevolmente ridotto il numero di risultati



## 2.4 Raccolta e selezione degli articoli

Una volta eseguita la scelta del materiale da adoperare ai fini della ricerca, è stata necessaria un'ulteriore scrematura.

Quest'ultima è stata eseguita attraverso il titolo, ed è servita ad escludere eventuali risultati non aderenti alla ricerca, sfuggiti al filtro di Scopus. Nello specifico, sono stati scartati titoli il cui contesto era diverso da quello dell'obiettivo della ricerca (ad esempio sono stati rifiutati: articoli inerenti alla cura di animali, articoli che trattavano l'utilizzo di cure omeopatiche, articoli inerenti alla biologia).

Per poter procedere al download dei pdf eletti, si è reso necessario utilizzare Selenium: un tool open source per la gestione automatizzata dei browser, utilizzato generalmente come framework di testing. Selenium indica in realtà una suite, composta da diversi strumenti: Selenium IDE, Selenium Builder, Selenium Grid, Selenium WebDriver.

Nello specifico è stato utilizzato Selenium WebDriver (successore di Selenium Remote Control - Selenium RC), ovvero uno strumento che simula il comportamento di un utente reale all'interno di un browser: viene generalmente utilizzato per eseguire localmente o su macchine remote i test all'interno dei browser supportati (tutti i principali, come Firefox, Safari, Edge, Chrome, Internet Explorer...).

Nel caso in questione, è stato sviluppato un applicativo che, tramite selettori CSS, ha permesso di definire delle operazioni sulle pagine web ed i loro specifici elementi, in modo da poter effettuare automaticamente le varie operazioni di download. In particolare, fornito in input l'url della pagina principale di Scopus, eseguiva in primo luogo il login, tramite le credenziali fornite. Successivamente, dirottato alla homepage di Scopus, provvedeva ad inserire il titolo all'interno della casella di ricerca.

Dopo aver avviato la ricerca, visualizzava il risultato e ne scaricava il pdf.

Di seguito, un'immagine mostra il comportamento di Selenium, durante il download dei vari pdf Figura 2.4.

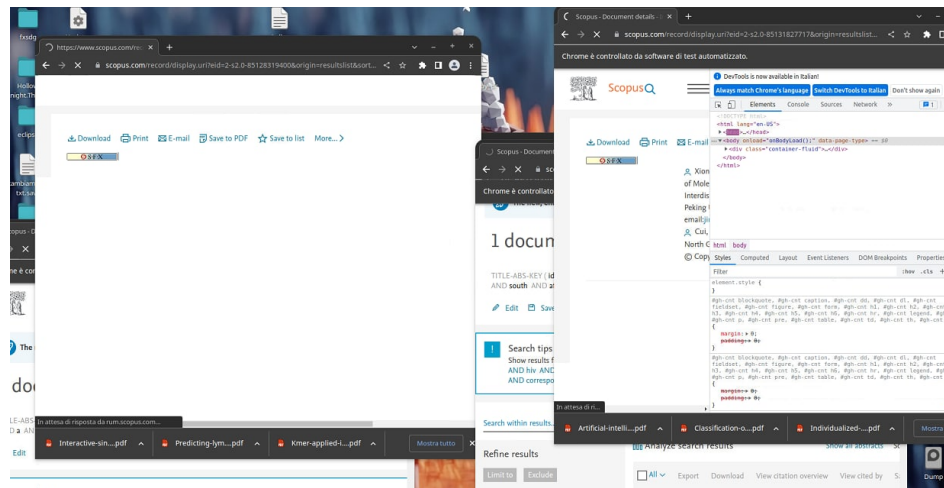


Figura 2.4: Quest'immagine mostra l'applicativo in Selenium in esecuzione

## 2.5 Pulizia dei dati

I risultati scaricati in formato pdf sono risultati, purtroppo, inutilizzabili, in quanto il loro contenuto includeva diversi link esterni, citazioni, parole scritte in modo non corretto e nomi di persona che mal si prestavano ad un'analisi automatica.

E' stato quindi necessario scaricare il loro contenuto e convertire anch'esso in formato csv, per poter quindi applicare delle operazioni di pulizia dei dati.

I pdf sono quindi stati letti tramite la libreria PyPDF2. Il testo letto è stato salvato all'interno di un DataFrame (un oggetto utilizzato dalla libreria Pandas, molto simile ad un dizionario), in modo da poter essere servito alle varie funzioni di pulizia. Nello specifico, il DataFrame ha attraversato queste funzioni:

- **lowerConverter** : per ridurre in "lower case" tutte le parole,
- **breakRemover** , per rimuovere "invii" in misura maggiore di uno,
- **puntRemover** , per eliminare la punteggiatura dal testo, in quanto non aggiunge significato semantico,
- **hrefRemover** ed **httpRemover** , per togliere tutti i riferimenti a link esterni,
- **spacesRemover** , per cancellare "spazi" in misura maggiore di uno,
- **reduceLengthening** , per ridurre lettere uguali presenti in quantità maggiore di due ad un numero normale dell'alfabeto inglese,
- **wordCorrection** , per correggere eventuali parole non corrette (sono state considerate errate parole non presenti nel dizionario inglese),

- **stopwordsRemover** , per cancellare le stopwords, ovvero quell'insieme di parole che non aggiungono significato alla frase,
- **lemmatizer** , per lemmatizzare le parole, ovvero ridurle alla propria radice (accorpendo tutti i sinonimi in un'unica parola, oppure correggendo i verbi all'infinito, ma solo se l'operazione non comporta perdita di significato),
- **excludeNotEnglish** , per cancelare parole corrette, ma appartenenti ad altri linguaggi,
- **singleLetterRemover** , per rimuovere lettere singole.

Esempio di una delle funzioni di pulizia utilizzate Figura2.5

```
def word_correction(text):  
    line = took.tokenize(text)  
    for i in range(len(line)):  
        # print("correggendo", line[i])  
        sym_spell = SymSpell(max_dictionary_edit_distance=2, prefix_length=7)  
        dictionary_path = pkg_resources.resource_filename(  
            "symspellpy", "frequency_dictionary_en_82_765.txt"  
        )  
        sym_spell.load_dictionary(dictionary_path, term_index=0, count_index=1)  
        suggestions = sym_spell.lookup_compound(line[i], max_edit_distance=2, ignore_non_words=True)  
        line[i] = suggestions[0].term # Prendiamo la prima/e che troviamo tra quelle con distanza minima  
        # print("corretta", line[i])  
    print(line)  
    return " ".join(line)
```

**Figura 2.5:** Una delle funzioni di pulizia utilizzate

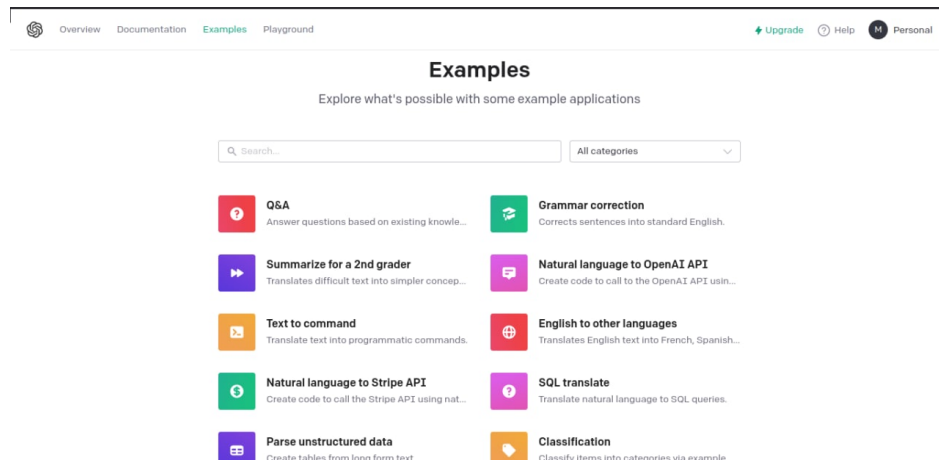
## 2.6 Analisi dei dati

Una volta affrontate queste operazioni di pulizia, si è potuto procedere all'analisi dei risultati. Per avere risultati più precisi si è utilizzato GPT-3. Il Generative Pre-trained Transformer di terza generazione, è un modello di apprendimento automatico della rete neurale, addestrato utilizzando i dati disponibili su Internet, per generare qualsiasi tipo di testo. Sviluppato da OpenAI, richiede una piccola quantità di testo in input per generare testo, di qualsiasi tipo [3]. Possiede un gran numero di funzionalità disponibili, fra le quali:

- **Summarization** : dato un testo, produrne un riassunto;
- **Question and Answer** : dato un testo ed una domanda, produrne una risposta;
- **English to other language** : traduttore dall'inglese verso altre lingue;
- **MicroHorror story Creator** : data una parola, ovvero un topic, produce una breve storia horror;
- **Classification** : classifica degli item all'interno di categorie;
- **Chat** : dato un testo su cui basarsi e due personaggi, simula una conversazione;
- **Python to Natural Language** : dato un testo in linguaggio Python, lo trasforma in linguaggio naturale;
- **Keywords** : dato un testo, ne trova le keywords;
- **Restaurant Review Creator** : dato il nome di un ristorante ed alcuni attributi, ne genera una recensione.

Quest'immagine presenta alcune delle vaste opzioni che sono disponibili su openAI

Figura2.6



**Figura 2.6:** Esempio della metodologia di applicazione di GPT-3

Il suo utilizzo è stato estremamente utile ai fini della ricerca. Generalmente, in una Literature Review, viene letto ed esaminato ogni singolo testo a mano. Quest'operazione, oltre ad essere estremamente lunga ed onerosa, comporta la possibilità di perdita di materiale, in quanto alcuni dettagli importanti possono facilmente sfuggire all'occhio umano. In questo caso, invece, il testo è stato sottoposto al modello di GPT-3, inserendolo nel prompt (ovvero il campo testuale in cui inserire il materiale di partenza). A quel punto, è stato possibile porre delle "domande" riferite al testo, successivamente al comando che identifica l'inizio della domanda, ovvero "Q:". Il modello ha provveduto quindi a rispondere alla domanda generando del testo successivamente al comando d'inizio risposta: "A:". Il testo è stato generato utilizzando un "language model", ovvero una "statistica" dalle parole che più probabilmente succederebbero quelle del testo della domanda. Nello specifico, GPT-3 memorizza gli schemi che formano le parole per mezzo di connessioni ponderate fra i diversi nodi della sua rete neurale. L'incredibile attendibilità e precisione del modello è dovuta principalmente al suo addestramento, che è stato condotto utilizzando l'enorme quantità di materiale disponibile online. Basti pensare che possiede all'incirca 175 miliardi di parametri (ovvero i pesi delle connessioni).

Nel caso d'uso di questa ricerca, sono state poste due domande:

- **What methods of Artificial Intelligence have been used in this text?** , ovvero, "Quali metodi di Intelligenza Artificiale sono stati utilizzati in questo testo?",
- **To what purpose has Artificial Intelligence been applied in this text?** , cioè "A che scopo è stata applicata l'Intelligenza Artificiale in questo testo?".

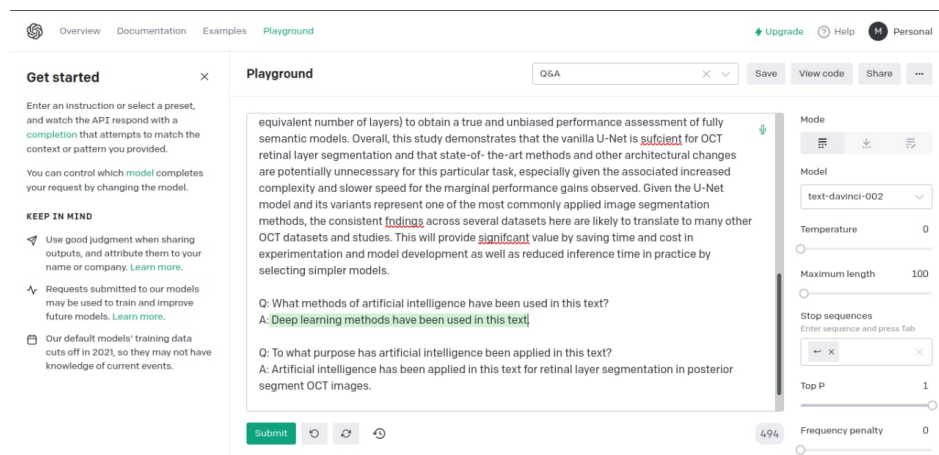
Il testo generato è stato estremamente adeguato e le risposte sono state pienamente aderenti alla domanda posta.

Nonostante questo, il processo non è stato totalmente automatizzato: ogni testo generato è stato ricontrollato, prima di procedere alla fase successiva, per assicurarsi che il modello avesse compreso appieno il contesto dell'articolo.

In ogni caso, il suo utilizzo è estremamente consigliato per effettuare operazioni di questo tipo.

Le risposte generate sono state inserite all'interno di un file csv, per essere successivamente analizzate ed interpretate.

Di seguito, un'immagine riporta il funzionamento di GPT-3 Figura2.7



**Figura 2.7:** Esempio della metodologia di applicazione di GPT-3

Dopo aver terminato la fase di analisi del materiale raccolto, è possibile adesso tirare delle somme e rispondere alle domande che ci eravamo posti come obiettivo. E' da tener nota che l'analisi degli articoli selezionati è stata effettuata adoperando il modulo GPT-3. Alcuni dei risultati raccolti grazie al suo utilizzo sono mostrati a figura Figura3.1

```
305 93, Bioinformatics analysis reveals immune
306 prognostic markers for overall survival
307 of colorectal cancer patients: a novel machine
308 learning survival predictive system, machine learning algorithms., a predictive system for colorectal cancer.,
309 94, Cancer-Net Sca: tailored deep neural
310 network designs for detection of skin cancer
311 from dermoscopy images, deep learning, skin cancer detection.,
312 95, Classification of mastoid air cells by CT scan
313 images using deep learning method, convolutional neural network (CNN) model, classify mastoid abnormalities.,
314 96, Classification of Parkinson's disease
315 and its stages using machine
316 learning, machine learning (ML) classification, assess the benefits and relevance of neurocognitive features both tablet-based ass
317 97, Clinical predictors of response
318 to methotrexate in patients with rheumatoid
319 arthritis: a machine learning approach using
320 clinical trial data, random forests., Identify clinical predictors of response to methotrexate in patients with rheumatoid arthri
321 98, Clustering of countries according
322 to the COVID-19 incidence and mortality rates, K-means, identifying longitudinal patterns of change in quantitative COVID-19 inc
323 99, Constrained Fourier estimation of short-term
324 time-series gene expression data reduces noise
325 and improves clustering and gene regulatory
326 network predictions, nonlinear least-squares trust-region optimization technique, reduce the noise of short-term time-series expr
327 100, Controlling gene expression with deep
328 generative design of regulatory DNA, generative adversarial networks (GANs) for deep learning., design regulatory DNA with presp
```

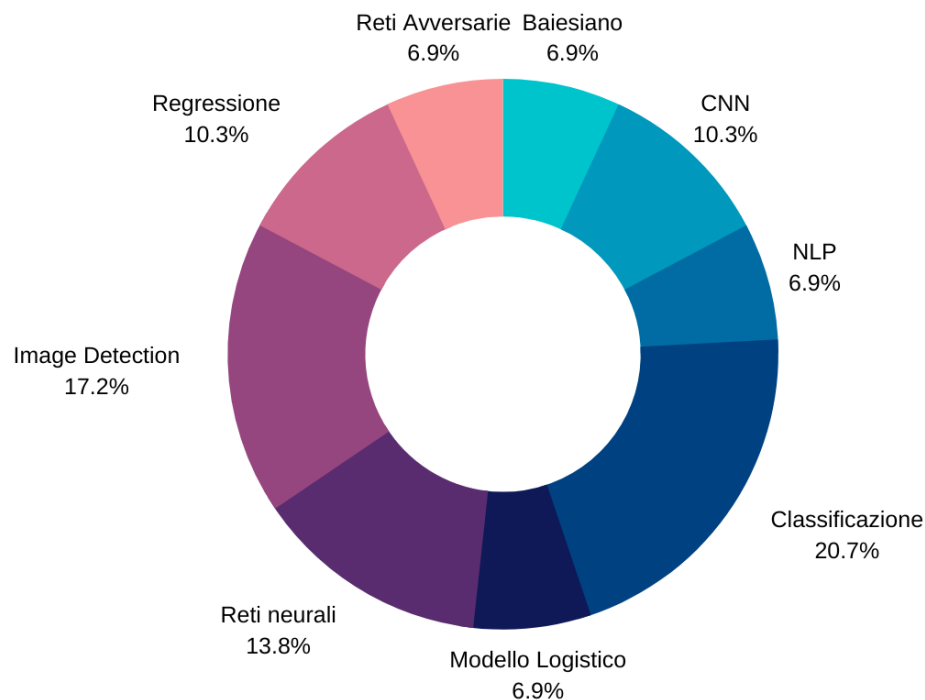
**Figura 3.1:** Alcuni dei risultati ottenuti tramite l'analisi dei vari articoli scientifici, grazie all'aiuto di GPT-3

### 3.1 Maggiori campi di applicazione

Completate tutte le fasi di estrazione, selezione e pulizia del materiale, si è finalmente potuto iniziare a rispondere alle domande obiettivo poste in partenza.

La prima domanda obiettivo, chiedeva in che modo l'IA fosse principalmente adoperata, ad oggi, nel mondo medico. I risultati ottenuti mostrano come l'Intelligenza Artificiale, all'interno del mondo della medicina, abbia trovato il suo più largo impiego nella previsione, attraverso la classificazione ed il riconoscimento di immagini mediche (come ad esempio tac oppure radiografie), di possibili patologie.

Gli articoli che trattavano metodologie di classificazione di immagini, infatti, hanno ricoperto il 20.7%, mentre gli articoli che trattavano tecniche di riconoscimento di immagini sono stati all'incirca il 17.2%. Le due tecniche sono state accorpate in quanto gli articoli inerenti all'Image Detection si sono dimostrati un sottoinsieme degli articoli inerenti al Clustering. Tutte le percentuali sono illustrate nel grafico a ciambella a figura: Figura3.2.



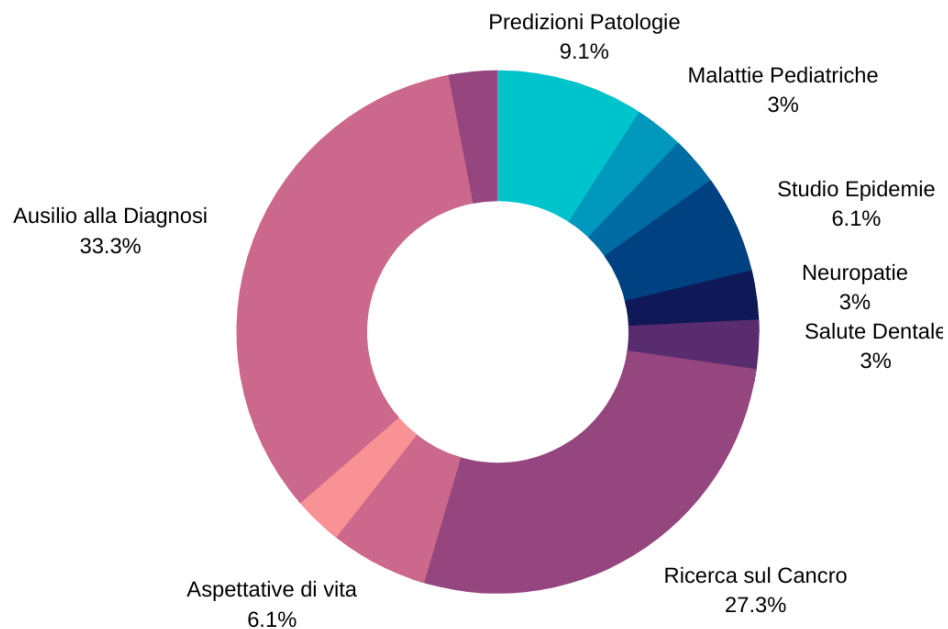
**Figura 3.2:** Questo grafico mostra la suddivisione delle varie tecnologie di IA utilizzate



Il clustering consiste in un insieme di metodi per raggruppare oggetti in classi omogenee. Un cluster è un insieme di oggetti che presentano tra loro delle similarità, ma che, per contro, presentano dissimilarità con oggetti in altri cluster. L'input di un algoritmo di clustering è costituito da un campione di elementi, mentre l'output è dato da un certo numero di cluster in cui gli elementi del campione sono suddivisi in base a una misura di similarità [4]. La tecnologia dell'Image Detection invece è quella parte dell'Intelligenza Artificiale che si occupa di analizzare le immagini, per estrapolarne dei dati che saranno poi elaborati [5] (nel nostro caso, la presenza di segni di riconoscimento che possa sviluppare la malattia). Purtroppo questa tecnica può essere applicata solo in presenza di segni fisici che la malattia comporta sul paziente. Infatti, un gran numero degli articoli trovati, ne ha tratto utilizzo per la diagnosi dell'infezione da virus di Covid19, sfruttando i suoi classici segni di riconoscimento (come le classiche lesioni polmonari).

Riguardo il campo di applicazione, invece, il 33,3% degli articoli lo individua come "Ausilio alla diagnosi". Questo risultato è da leggere assieme al precedente, in quanto la maggioranza degli articoli analizzati, utilizza tecniche di Clustering ed Image Detection per arrivare alla diagnosi.

Tutte le percentuali sono illustrate nel grafico a ciambella a figura: Figura3.3.



**Figura 3.3:** Questo grafico mostra i vari campi di applicazione dell'IA nel campo medico

## 3.2 Dispositivi più utilizzati

La seconda domanda obiettivo, invece, ha cercato di mettere luce sui modi in cui l'Intelligenza Artificiale venga effettivamente applicata in campo medico. Fra gli articoli analizzati, è in effetti emerso un comune metodo di applicazione, che riguarda l'utilizzo di dispositivi di IoT. Nella medicina si sta progressivamente diffondendo l'utilizzo di questo tipo di tecnologie, in grado di aiutare sia il medico nella stipulazione della diagnosi, o nella farmacovigilanza, che il paziente, magari somministrando farmaci con dosature accurate ed automaticamente, evitando, ad esempio, errori commessi dalla dimenticanza. Con Internet of Things (IoT) ci si riferisce al processo di connessione a Internet di oggetti fisici di utilizzo quotidiano, dagli oggetti più familiari usati in casa, come le lampadine, alle risorse in ambito sanitario, come i dispositivi medici, ai dispositivi indossabili, a quelli smart e, per finire, alle smart city. L'acronimo IoT indica qualsiasi sistema di dispositivi fisici che ricevono e trasferiscono i dati su reti wireless. I dispositivi IoT rientrano principalmente in una di queste due categorie: switch (che inviano un comando a un oggetto) o sensori (che acquisiscono dati e li inviano altrove). Dalle ricerche è emerso che in medicina hanno trovato largo utilizzo le wearable technologies, ovvero tutto quell'insieme di dispositivi intelligenti che possono essere indossati. [6] E' anche emerso come la ricerca in campo medico si sia concentrata sullo sviluppo di dispositivi per contrastare la diffusione della pandemia di Covid19. Fra i risultati che trattavano l'utilizzo di tecnologie IoT per lo sviluppo farmaceutico, è risultata anche un'ampia applicazione di dispositivi per l'autoinfusione di medicinali (specialmente in articoli riguardanti ricerche sul diabete) e dispositivi per il controllo di parametri corporali (specialmente controllo del battito cardiaco o della temperatura).

Sono qui presentati alcuni degli articoli analizzati, che hanno trattato dell'utilizzo di dispositivi IoT Figura 3.4

<input type="checkbox"/>	157	A Novel Data Security for Hospital Records Management using Internet of Things	Kuttalingam, U., Niranjani, D., Reddy, A.S.K., (...), Kori, D., Ashrafuddin, M.	2022	Proceedings - IEEE International Conference on Advances in Computing, Communication and Applied Informatics, ACCAI 2022	0
		<a href="#">View abstract</a>	<a href="#">SFX</a>	<a href="#">View at Publisher</a>	<a href="#">Related documents</a>	
<input type="checkbox"/>	158	Framework for detecting the patients affected by COVID-19 at early stages using Internet of Things along with Machine Learning approaches with improved Accuracy	Devi, T., Priya, J.S., Deepa, N.	2022	2022 International Conference on Computer Communication and Informatics, ICCCI 2022	0
		<a href="#">View abstract</a>	<a href="#">SFX</a>	<a href="#">View at Publisher</a>	<a href="#">Related documents</a>	
<input type="checkbox"/>	159	The Design of a Household Intelligent Medicine Box Based on the Internet of Things	Zhang, L., Zhuang, P.	2022	Lecture Notes in Electrical Engineering 878 LNEE, pp. 176-183	0
		<a href="#">View abstract</a>	<a href="#">SFX</a>	<a href="#">View at Publisher</a>	<a href="#">Related documents</a>	
<input type="checkbox"/>	160	Robo-Nurse Healthcare Complete System Using Artificial Intelligence	AbdelSalam, K., Hany, S., El-Hady, D., (...), Samir, A., Magdy, A.	2022	Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies 113, pp. 178-191	0

Figura 3.4: Esempio di alcuni risultati in ambito IoT

### 3.3 Possibili ostacoli al progresso

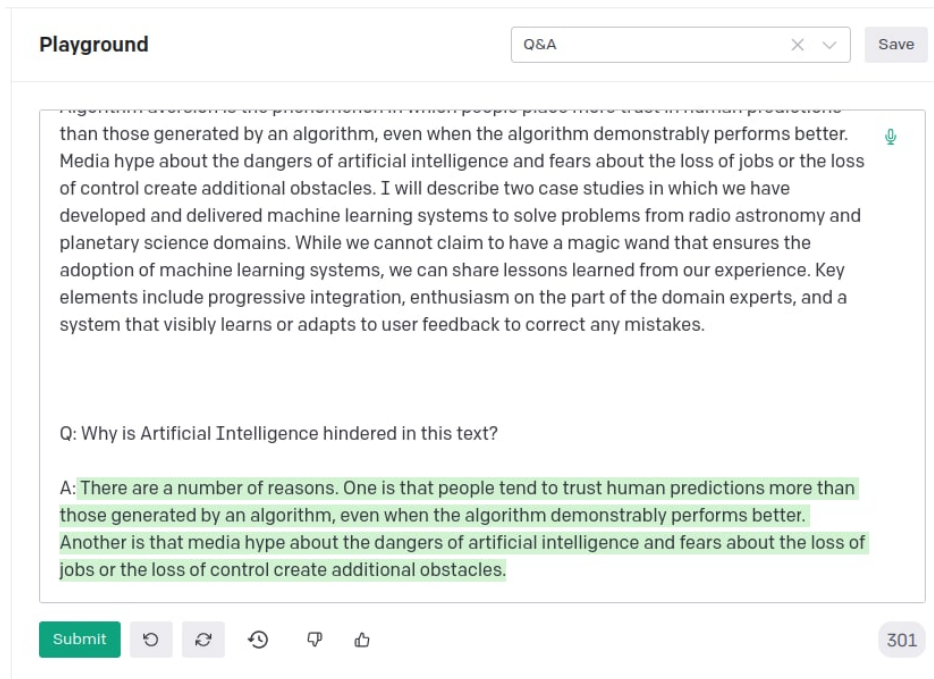
Purtroppo, nonostante l'avvento dell'Intelligenza Artificiale in ambito medico stia ormai esplodendo, rischia di incontrare ostacoli e rallentamenti, a causa di problemi morali, economici e sociali. Fra gli articoli ricercati emergono infatti ben poche informazioni riguardanti il suo progresso nella medicina di tutti i giorni (e non esclusivamente nel campo della ricerca medica). Eppure, proprio in questo campo, potrebbe essere più che d'aiuto, fornendo un supporto ai medici che, ancora oggi, devono attenersi a rigidi protocolli, senza la possibilità di evadere, neanche se di fronte ad evidenze che lo richiederebbero. Si è quindi cercato di individuare i principali motivi che al momento bloccano la sua diffusione ed attuazione. GPT-3 è stato di nuovo utile per estrarre le varie motivazioni dal testo. La domanda posta è stata:

- **Why is Artificial Intelligence hindered in this text?** ovvero "Perché l'Intelligenza Artificiale è ostacolata in questo testo?".

Fra i motivi principali sembra emergere una generale sfiducia nei confronti dei sistemi automatizzati, anche se questi mostrano margini d'errore più bassi e maggiore affidabilità. E' necessario anche menzionare il ruolo dei media, che raccontano di possibili scenari in cui sistemi intelligenti possano prendere il sopravvento sul lavoro umano, fino ad eliminarlo del tutto. Questi timori sono imputabili in egual misura sia dal punto di vista del paziente che da quello del medico. La paura di "un oggetto di cui non si possiede il controllo" tende

dal lato del paziente a far preferire tecnologie in cui siano utilizzati in minor misura oggetti intelligenti, e dal lato del medico, a preferire vecchi sistemi, di cui però si ha un'accurata conoscenza.

Un esempio di utilizzo del modulo di GPT-3 è mostrato in figura Figura3.5



**Figura 3.5:** Esempio di GPT-3 che estrae da un articolo i motivi per cui l'avvento dell'IA stia incontrando ostacoli

Di seguito sono citati gli articoli utilizzati per l'adempimento di questi risultati: [7] [8] [9] [10] [11] [12] [13] [14] [15] [16] [17] [18] [19] [20] [21] [22] [23] [24] [25] [10] [26] [27] [28] [29] [30] [31] [32] [33] [34] [35] [36] [?] [?] [?] [37] [24] [34] [38] [39] [40] [41] [42] [43] [44] [45] [46] [42] [47] [48] [49] [50] [51] [52] [53] [54] [55] [56] [57] [58] [59] [60] [44] [61] [62] [63]

#### 4.1 Lavoro svolto

Le tecniche di Intelligenza Artificiale trovano, ancora oggi, ostacoli nella loro applicazione. Il lavoro svolto in questa tesi di ricerca si è incentrato sullo studio della loro applicazione nel campo medico in quanto, di fronte agli evidenti cedimenti del sistema sanitario, evidenziati soprattutto dalla pandemia di Covid19, non si è potuto non porsi delle domande. La ricerca è stata condotta attraverso la metodologia della "Systematic Literature Review", che consiste nell'analisi e nella riassunzione di articoli già esistenti, raccolti meticolosamente grazie ad un'accurata scelta di parole chiave da cui partire e grazie a criteri di inclusione ed esclusione, al fine di ottenere una visione globale dell'argomento d'interesse.

L'intera ricerca è stata guidata dall'utilizzo di tool, allo scopo di automatizzare fasi estremamente onerose e meccaniche (quali i download degli articoli o il rintracciamento dei vari materiali scelti) oppure di raffinare e rendere più precise ed attendibili, altre fasi del processo (quale, ad esempio, l'interrogazione dei vari risultati, al fine di ottenerne le varie informazioni).

Nello specifico, è stato prodotto

- uno script in Python, con l'aiuto della libreria pybliometric, per automatizzare il processo di ricerca all'interno del database di Scopus;

- uno script in Python, con l'aiuto del tool Selenium, allo scopo di automatizzare il salvataggio dei vari articoli;
- uno script in Python, con l'aiuto della libreria openai, grazie al quale è stato possibile accedere alle API di openai ed avere accesso diretto ai risultati del modello di GPT-3.

L'utilizzo di questi tool è stato estremamente utile, in quanto, il tempo che avrebbe dovuto essere impiegato per effettuare manualmente operazioni ripetitive ed onerose, è stato invece impiegato per analizzare un numero maggiore di articoli, in maniera più attendibile e più precisa.

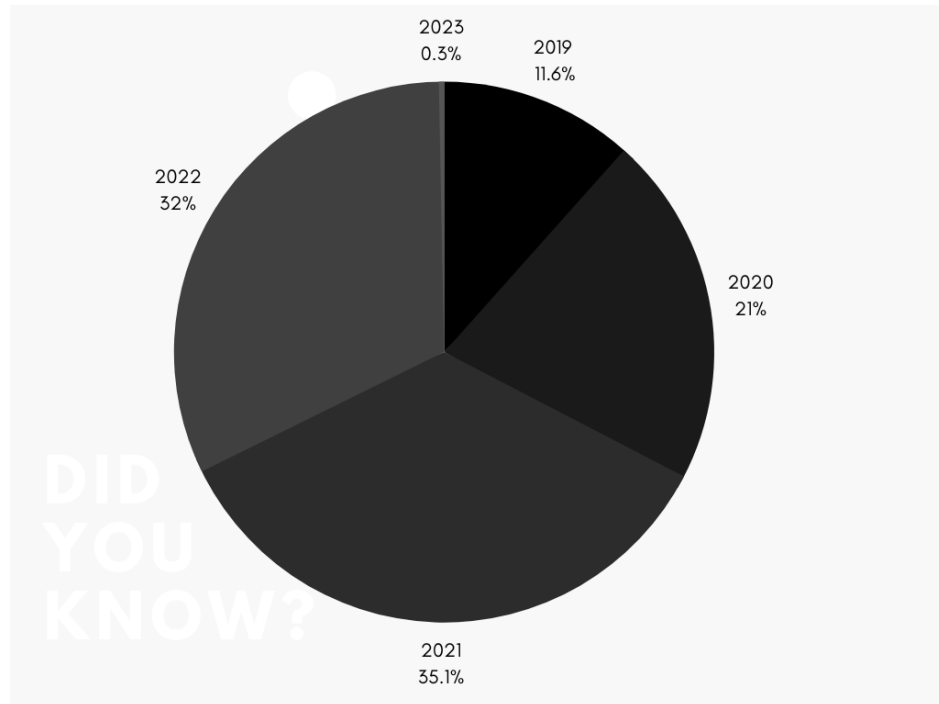
## 4.2 Risultati ottenuti

I risultati ottenuti evidenziano come la tecnica di Intelligenza Artificiale più adoperata nel mondo della medicina sia la "classification" ed "image recognition". E' stato invece identificato come principale ambito di applicazione, la previsione intelligente di diagnosi mediche, incentrate principalmente sull'individuazione dell'infezione da Covid19.

E' stato degno di nota anche il numero considerevole di ricerche che hanno trattato dell'utilizzo di dispositivi IoT.

E' stata anche trovata una risposta ai motivi che potrebbero attualmente bloccare la ricerca: in primo luogo influisce il timore riguardo tecnologie di cui non si conoscono le meccaniche, in secondo luogo, l'influenza dei mass media che trattano dell'argomento incutendo paura, ha sicuramente deviato le scelte di medici e pazienti verso tecniche più manuali e meno automatizzate.

Andando inoltre ad analizzare le date dei vari articoli, si evidenzia un maggiore tasso di pubblicazione nell'anno 2021. Questo dato potrebbe essere anch'esso imputabile alla diffusione del virus Covid19, avvenuta proprio in quel periodo temporale (2020/2021). L'immagine sottostante mostra come le ricerche inerenti all'adozione dell'IA nell'ambito medico siano distribuite nel corso degli anni che vanno dal 2019 al 2023 Figura4.1.



**Figura 4.1:** Andamento delle ricerche nel range di anni 2019-2023

### 4.3 Sviluppi futuri

Dati i risultati ottenuti dalla ricerca, si potrebbe ambire a:

- sviluppare tecniche di identificazione d'immagini e classificazione più specifiche rispetto all'ambito medico, magari indirizzate all'utilizzo di radiografie e tac come immagini da utilizzare;
- incrementare l'utilizzo di dispositivi IoT per il rilevamento di parametri medici, che potrebbero ribaltare totalmente la storia della medicina;
- informare le persone, e tutti gli utilizzatori, sulla sicurezza e sul funzionamento dei dispositivi e delle tecniche utilizzate. Ovviamente questo è possibile solo se gli strumenti utilizzati possano definirsi davvero sicuri, anche dal punto di vista della sicurezza dei dati [2].

Dal punto di vista delle tecnologie utilizzate per eseguire la Systematic Literature Review, invece, possibili sviluppi potrebbero riguardare:

- una maggiore automatizzazione del processo, che potrebbe essere introdotta nella revisione dei titoli scelti da Scopus. Utilizzando un'algoritmo di Topic Detection, sarebbe stato possibile esaminare tutto l'articolo, salvando sicuramente risorse che sono state filtrate solo in quanto non contenevano parole d'interesse nel titolo;

- migliorare ed incrementare l'utilizzo del modulo di GPT-3: i suoi possibili campi d'applicazioni sono innumerevoli. Potrebbe essere utilizzato per individuare ulteriori parole chiave da inserire nelle search query, inoltre sarebbe stato molto utile nel clusterizzare i vari risultati ottenuti (operazione che invece è stata eseguita manualmente);



---

## Ringraziamenti

---

Ringrazio il professor Fabio Palomba. Non solo per avermi aiutato nella stesura di questa tesi, ma soprattutto per essere riuscito a trasmettermi la passione per un ambito di ricerca così vasto ed ambizioso.

---

## Bibliografia

---

- [1] A. GUERRERA, "Covid, il flop del regno unito. "persi" 15mila contagi a causa di un problema con excel," *LaRepubblica*, 2020. (Citato a pagina 1)
- [2] F. F. Giammaria Giordano, Fabio Palomba, "On the use of artificial intelligence to deal with privacy in iot systems: A systematic literature review," *SeSaLab*. (Citato alle pagine 5 e 24)
- [3] Dave, "Cos'è gpt-3? la rivoluzione dell'intelligenza artificiale," *omniablock*. (Citato a pagina 13)
- [4] A. Rezzani, "Tecniche di clustering," *DataSkills*. (Citato a pagina 18)
- [5] f. e. c. c. d. D. f. S. S. Simone Sorte, "Cos'è l'immagine recognition e come viene sfruttata nel marketing," *DigitalFlow*. (Citato a pagina 18)
- [6] "Che cos'è l'internet of things (iot)?," *RedHat*. (Citato a pagina 19)
- [7] H. J.S., *Examining the COVID-19 case growth rate due to visitor vs. local mobility in the United States using machine learning*. (Citato a pagina 21)
- [8] T. D.G.L., *Implementation of a machine learning application in preoperative risk assessment for hip repair surgery*. (Citato a pagina 21)
- [9] K. C., *Learning to predict in-hospital mortality risk in the intensive care unit with attention-based temporal convolution network*. (Citato a pagina 21)
- [10] D. S., *Machine Learning Analysis in the Prediction of Diabetes Mellitus: A Systematic Review of the Literature*. (Citato a pagina 21)

- [11] H. Z., *DPAFNet: A Residual Dual-Path Attention-Fusion Convolutional Neural Network for Multimodal Brain Tumor Segmentation*. (Citato a pagina 21)
- [12] J. H., *Multiclass classification of breast cancer histopathology images using multilevel features of deep convolutional neural network*. (Citato a pagina 21)
- [13] B. K., *A machine learning COVID-19 mass screening based on symptoms and a simple olfactory test*. (Citato a pagina 21)
- [14] Z. J., *LTPConstraint: a transfer learning based end-to-end method for RNA secondary structure prediction*. (Citato a pagina 21)
- [15] L. T.L., *A machine learning analysis of COVID-19 mental health data*. (Citato a pagina 21)
- [16] R. D., *An Intelligent Medical Expert System Using Temporal Fuzzy Rules and Neural Classifier*. (Citato a pagina 21)
- [17] N. L., *Single nucleotide polymorphism genes and mitochondrial DNA haplogroups as biomarkers for early prediction of knee osteoarthritis structural progressors: use of supervised machine learning classifiers*. (Citato a pagina 21)
- [18] Říha P., *Rapid, label-free and low-cost diagnostic kit for COVID-19 based on liquid crystals and machine learning*. (Citato a pagina 21)
- [19] Nandini, *AI-Based Interactive Agent for Health Care Using NLP and Deep Learning*. (Citato a pagina 21)
- [20] D. H., *Analyzing patient experiences using natural language processing: development and validation of the artificial intelligence patient reported experience measure (AI-PREM)*. (Citato a pagina 21)
- [21] K. W., *Development of artificial neural networks for early prediction of intestinal perforation in preterm infants*. (Citato a pagina 21)
- [22] S. L.F., *Automated gathering of real-world data from online patient forums can complement pharmacovigilance for rare cancers*. (Citato a pagina 21)
- [23] M. M., *Usability of deep learning and Hamper images predict disease outcome-emerging tool to optimize clinical trials*. (Citato a pagina 21)

- [24] K. M., *Novel computer aided diagnostic models on multimodality medical images to differentiate well differentiated liposarcomas from lipomas approached by deep learning methods.* (Citato a pagina 21)
- [25] M. A., *Evaluation of the effects of meteorological factors on COVID-19 prevalence by the distributed lag nonlinear model.* (Citato a pagina 21)
- [26] G. D.D., *Speech processing for early Parkinson's disease diagnosis: machine learning and deep learning-based approach.* (Citato a pagina 21)
- [27] V. R. E.A., *Automated image curation in diabetic retinopathy screening using deep learning.* (Citato a pagina 21)
- [28] P. M.W., *An artificial intelligence algorithm is highly accurate for detecting endoscopic features of eosinophilic esophagitis.* (Citato a pagina 21)
- [29] S. S., *Publisher Correction: An Artificial Intelligence-guided signature reveals the shared host immune response in MIS-C and Kawasaki disease (Nature Communications, (2022), 13, 1, (2687), 10.1038/s41467-022-30357-w).* (Citato a pagina 21)
- [30] W. T., *Deep learning of longitudinal mammogram examinations for breast cancer risk prediction.* (Citato a pagina 21)
- [31] D. V.S., *BeCaked: An Explainable Artificial Intelligence Model for COVID-19 Forecasting.* (Citato a pagina 21)
- [32] K. M., *Establishment of a male fertility prediction model with sperm RNA markers in pigs as a translational animal model.* (Citato a pagina 21)
- [33] N. A., *Deep learning for necrosis detection using canine perivascular wall tumour whole slide images.* (Citato a pagina 21)
- [34] H. C., *Prior wavelet knowledge for multi-modal medical image segmentation using a lightweight neural network with attention guided features.* (Citato a pagina 21)
- [35] G. X., *Network-based machine learning approach to predict immunotherapy response in cancer patients.* (Citato a pagina 21)
- [36] L. J., *HunCRC: annotated pathological slides to enhance deep learning applications in colorectal cancer screening.* (Citato a pagina 21)

- [37] W. J., *A novel AI device for real-time optical characterization of colorectal polyps*. (Citato a pagina 21)
- [38] Q. Y., *Accuracy of deep learning-based integrated tooth models by merging intraoral scans and CBCT scans for 3D evaluation of root position during orthodontic treatment*. (Citato a pagina 21)
- [39] C. S.G., *Evaluation of an artificial intelligence-based medical device for diagnosis of autism spectrum disorder*. (Citato a pagina 21)
- [40] K. I., *Detection of Brain Tumor Using Neuro-Fuzzy Classifier*. (Citato a pagina 21)
- [41] M. K., *Comparing machine learning algorithms to predict 5-year survival in patients with chronic myeloid leukemia*. (Citato a pagina 21)
- [42] D. S., *Assessment of low-dose paranasal sinus CT imaging using a new deep learning image reconstruction technique in children compared to adaptive statistical iterative reconstruction V (ASiR-V)*. (Citato a pagina 21)
- [43] A. A.B., *An integrated network representation of multiple cancer-specific data for graph-based machine learning*. (Citato a pagina 21)
- [44] L. J., *Normalized unitary synaptic signaling of the hippocampus and entorhinal cortex predicted by deep learning of experimental recordings*. (Citato a pagina 21)
- [45] D. V., *Fusing pre-trained convolutional neural networks features for multi-differentiated subtypes of liver cancer on histopathological images*. (Citato a pagina 21)
- [46] S. V., *Mortality prediction of patients in intensive care units using machine learning algorithms based on electronic health records*. (Citato a pagina 21)
- [47] K. A., *Artificial intelligence-directed acupuncture: a review*. (Citato a pagina 21)
- [48] T. H.N., *Application of machine learning models based on decision trees in classifying the factors affecting mortality of COVID-19 patients in Hamadan, Iran*. (Citato a pagina 21)
- [49] K. U., *A simplified prediction model for end-stage kidney disease in patients with diabetes*. (Citato a pagina 21)
- [50] P. T.T., *Chord: an ensemble machine learning algorithm to identify doublets in single-cell RNA sequencing data*. (Citato a pagina 21)

- [51] Y. P., *Evaluating the performance of machine learning models for automatic diagnosis of patients with schizophrenia based on a single site dataset of 440 participants.* (Citato a pagina 21)
- [52] K. B., *Pseudo-CT Generation from MRI Images for Bone Lesion Detection Using Deep Learning Approach.* (Citato a pagina 21)
- [53] T. M.N., *A Novel Deep Learning Approach for Non-invasive Blood Glucose Measurement from Photoplethysmography Signals.* (Citato a pagina 21)
- [54] F. J., *Automatic Eye Disease Detection Using Machine Learning and Deep Learning Models.* (Citato a pagina 21)
- [55] X. Y., *Automatic scoring of COVID-19 severity in X-ray imaging based on a novel deep learning workflow.* (Citato a pagina 21)
- [56] J. Y., *Patient-level proteomic network prediction by explainable artificial intelligence.* (Citato a pagina 21)
- [57] A. H., *Deep learning from multiple experts improves identification of amyloid neuropathologies.* (Citato a pagina 21)
- [58] Y. R., *Improve data classification performance in diagnosing diabetes using the Binary Exchange Market Algorithm.* (Citato a pagina 21)
- [59] A. C. V., *Vision transformer and explainable transfer learning models for auto detection of kidney cyst, stone and tumor from CT-radiography.* (Citato a pagina 21)
- [60] G. S. C. B., *Noninvasive prenatal diagnosis of genetic diseases induced by triplet repeat expansion by linked read haplotyping and Bayesian approach.* (Citato a pagina 21)
- [61] D. J., *Modeling adoption of intelligent agents in medical imaging.* (Citato a pagina 21)
- [62] K. G., *Diagnosis of in vivo vertical root fracture using deep learning on cone-beam CT images.* (Citato a pagina 21)
- [63] Z. Y., *Development and internal validation of a machine learning prediction model for low back pain non-recovery in patients with an acute episode consulting a physiotherapist in primary care.* (Citato a pagina 21)