

UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTÀ DI INGEGNERIA

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



TESI DI LAUREA

**Un confronto tra fornitori di servizi di Intelligenza Artificiale su
cloud: Amazon Web Services e Google Cloud**

**A comparison between Artificial Intelligence service providers on
cloud: Amazon Web Services and Google Cloud**

Relatore

Prof. Domenico Ursino

Candidata

Marta Marrazzo

ANNO ACCADEMICO 2023-2024

Sommario

Questa tesi si concentra sull'analisi e il confronto tra diversi servizi di Intelligenza Artificiale offerti da Amazon Web Services (AWS) e Google Cloud Platform (GCP) in tre ambiti chiave: estrazione di testi dalle immagini, sentiment analysis e classificazione automatica dei contenuti testuali. In primo luogo, abbiamo esaminato le capacità di Amazon Rekognition e Google Cloud Vision nel riconoscimento ottico dei caratteri. Successivamente, è stato condotto uno studio sulla Sentiment Analysis con Amazon Comprehend e Google Cloud Natural Language. Infine, abbiamo valutato le prestazioni di Amazon Comprehend e Google Vertex AI nella classificazione automatica dei testi. I risultati ottenuti forniscono una chiara visione delle potenzialità e delle limitazioni delle tecnologie esaminate.

Keyword:Intelligenza Artificiale, Cloud Computing, Amazon Web Services, Google Cloud Platform, Riconoscimento Ottico dei Caratteri, Sentiment Analysis, Classificazione del Testo

Introduzione	1
1 Introduzione all'Intelligenza Artificiale	3
1.1 Definizione e Concetti Fondamentali	3
1.1.1 Componenti Chiave dell'IA	4
1.2 Storia e Sviluppo dell'Intelligenza Artificiale	5
1.2.1 Le Origini e lo Sviluppo dell'IA	5
1.2.2 Dalle Origini all'Avvento delle Reti Neurali	6
1.2.3 l'IA Moderna e le Sue Applicazioni	7
1.3 Tipologie di Intelligenza Artificiale	7
1.3.1 ANI, IA Debole	7
1.3.2 AGI, IA Forte	8
1.3.3 ASI, Super AI	8
1.3.4 IA Generativa	9
1.4 Applicazioni dell'Intelligenza Artificiale	10
1.4.1 IA nell'Industria, processi automatizzati e manutenzione predittiva	10
1.4.2 IA in Medicina, diagnosi medica e trattamenti personalizzati	10
1.4.3 IA nei Social Media e nell' E-Commerce	10
1.4.4 Assistenti Digitali e Automazione delle Interazioni	11
1.5 Sfide e Considerazioni Etiche	11
1.5.1 Bias IA	11
1.5.2 Privacy, Sicurezza e Sorveglianza	12
1.5.3 IA e il Futuro del Lavoro	12
2 Amazon Web Services e Google Cloud Platform	14
2.1 Il Cloud Computing e le Piattaforme Cloud	14
2.1.1 I Principali Modelli di Cloud Computing	14
2.1.2 Le Piattaforme Cloud: uno sguardo	16
2.2 Cloud AI	16
2.2.1 Principali fornitori di Cloud AI	17
2.2.2 Impiego dell'IA nel Cloud	17
2.3 Amazon Web Services (AWS)	19
2.3.1 Storia di AWS	19
2.3.2 Servizi principali di AWS	19
2.3.3 Architettura globale e scalabilità	20

2.4	Google Cloud Platform (GCP)	20
2.4.1	Storia di GCP	20
2.4.2	Servizi principali di GCP	20
2.4.3	Architettura globale e scalabilità	21
2.5	Confronto tra AWS e Google Cloud Platform	21
3	Confronto relativo all'estrazione di testi nelle immagini	24
3.1	Introduzione al Riconoscimento Ottico dei Caratteri	24
3.1.1	Definizione e storia dell'OCR	24
3.1.2	OCR tradizionale vs OCR intelligente basato su IA	24
3.1.3	Applicazioni dell'OCR in settori chiave	25
3.2	Amazon Rekognition: Funzionamento e Caratteristiche	25
3.2.1	Servizi di Amazon Rekognition	25
3.2.2	Rilevamento del Testo con Amazon Rekognition	27
3.3	Google Cloud Vision: Funzionamento e Caratteristiche	27
3.3.1	Servizi di Google Cloud Vision	27
3.3.2	Rilevamento del Testo con Google Cloud Vision	28
3.4	Analisi dei Risultati: Murales, Loghi e Testi Complessi	29
3.4.1	Murale di Banksy	29
3.4.2	Murales del Muro di Berlino	30
3.4.3	Opera Wild Animals	31
3.4.4	Pubblicità Olimpiadi Parigi 2024	32
3.5	Conclusioni sull'Estrazione di Testi dalle Immagini	32
4	Confronto relativo alla Sentiment Analysis	34
4.1	Introduzione alla Sentiment Analysis	34
4.1.1	Definizione e Importanza della Sentiment Analysis	34
4.1.2	Processo di Sentiment Analysis	34
4.1.3	Algoritmi per la Sentiment Analysis	36
4.1.4	Applicazioni della Sentiment Analysis	37
4.1.5	Sfide nella Sentiment Analysis	38
4.2	Amazon Comprehend	38
4.2.1	Funzionamento di Amazon Comprehend	38
4.2.2	Caratteristiche di Amazon Comprehend	39
4.2.3	Casi d'Uso di Amazon Comprehend	39
4.3	Google Cloud Natural Language	40
4.3.1	Funzionamento di Google Cloud Natural Language	40
4.3.2	API Natural Language	40
4.3.3	Casi d'Uso di Google Cloud Natural Language	41
4.4	Analisi dei Risultati: post e commenti	41
4.5	Conclusioni sul Confronto dell'Analisi del Sentiment	44
5	Confronto relativo alla classificazione automatica dei contenuti testuali	49
5.1	Introduzione alla Classificazione del Testo	49
5.1.1	Applicazioni della classificazione automatica del testo	50
5.2	Amazon Comprehend: Custom Classification	50
5.3	Google Vertex AI: Custom Text Classification	51
5.4	Analisi dei Risultati: Classificazione Mail Universitarie	52
5.4.1	Variazione delle prestazioni di AWS Comprehend e Vertex AI in funzione del set di dati di addestramento	59
5.5	Conclusioni sulla Classificazione Automatica dei Testi	66

6	Discussione sul lavoro svolto	70
6.1	Introduzione	70
6.1.1	Estrazione di Testo dalle Immagini	70
6.1.2	Analisi del Sentiment	70
6.1.3	Classificazione Automatica dei Testi	71
6.2	Implicazioni e Applicazioni Pratiche	71
6.2.1	Settore Aziendale	71
6.2.2	Settori Legale e Finanziario	72
6.2.3	Settore Sanitario	72
6.2.4	Settore Educativo	72
6.3	Limiti dello Studio	72
6.4	Prospettive Future	73
6.5	Conclusioni	73
	Conclusioni	75
	Bibliografia	76
	Sitografia	78
	Ringraziamenti	80

Elenco delle figure

1.1	Diagramma di Venn che mostra le relazioni fra IA, ML, DL, NLP, Computer vision	4
1.2	A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence, prima pagina	6
1.3	K computer	8
1.4	Architettura di un Transformer	9
1.5	Creazione e dislocazione dei posti di lavoro prevista, 2023-2027	13
2.1	Confronto tra Iaas, Paas, Saas	15
2.2	Magic Quadrant per Cloud AI Developer Services (Aprile 2024).	17
3.1	Murale di Banksy	29
3.2	Murales Muro di Berlino	29
3.3	Opera Word Animals	29
3.4	Pubblicità Olimpiadi 2024	29
3.5	Analisi da parte di Amazon Rekognition del Murales di Banský	30
3.6	Analisi da parte di Google Cloud Vision AI del Murales di Banský	30
3.7	Analisi da parte di Amazon Rekognition del murale sul Muro di Berlino	31
3.8	Analisi da parte di Google Cloud Vision AI del murale sul Muro di Berlino	31
3.9	Analisi da parte di Amazon Rekognition dell'opera Wild Animals di Dan Flaming.	31
3.10	Analisi da parte di Google Cloud Vision AI dell'opera Wild Animals di Dan Flaming.	31
3.11	Analisi da parte di Amazon Rekognition di uno spot pubblicitario	32
3.12	Analisi da parte di Google Cloud Vision AI di uno spot pubblicitario	32
4.1	Tecniche per la Classificazione del Sentiment	35
4.2	Tecniche per la Classificazione del Sentiment	42
4.3	Tecniche per la Classificazione del Sentiment	43
4.4	Tecniche per la Classificazione del Sentiment	44
4.5	Analisi da parte di Amazon Comprehend per il primo testo	44
4.6	Analisi da parte di Google Cloud Vision per il primo testo	45
4.7	Analisi da parte di Amazon Comprehend per il secondo testo	45
4.8	Analisi da parte di Google Cloud Vision per il secondo testo	45
4.9	Analisi da parte di Amazon Comprehend per il terzo testo	46

4.10	Analisi da parte di Google Cloud Vision per il terzo testo	46
4.11	Analisi da parte di Amazon Comprehend per il quarto testo	46
4.12	Analisi da parte di Google Cloud Vision per il quarto testo	47
4.13	Analisi da parte di Amazon Comprehend per il quinto testo	47
4.14	Analisi da parte di Google Cloud Vision per il quinto testo	47
4.15	Analisi da parte di Amazon Comprehend per il sesto testo	48
4.16	Analisi da parte di Google Cloud Vision per il sesto testo	48
5.1	Analisi da parte di Amazon Comprehend: Custom Classification - questionario	53
5.2	Analisi da parte di Google Vertex AI: Custom Text Classification - questionario	54
5.3	Analisi da parte di Amazon Comprehend: Custom Classification - comunicazione lezione	54
5.4	Analisi da parte di Google Vertex AI: Custom Text Classification - comunicazione lezione	55
5.5	Analisi da parte di Amazon Comprehend: Custom Classification - comunicazione esame	55
5.6	Analisi da parte di Google Vertex AI: Custom Text Classification - comunicazione esame	56
5.7	Analisi da parte di Amazon Comprehend: Custom Classification - comunicazione generica	56
5.8	Analisi da parte di Google Vertex AI: Custom Text Classification - comunicazione generica	57
5.9	Analisi da parte di Amazon Comprehend: Custom Classification - comunicazione generica	57
5.10	Analisi da parte di Google Vertex AI: Custom Text Classification - comunicazione generica	58
5.11	Analisi da parte di Amazon Comprehend: Custom Classification - comunicazione esame	58
5.12	Analisi da parte di Google Vertex AI: Custom Text Classification - comunicazione esame	59
5.13	Analisi da parte di Amazon Comprehend: Custom Classification - questionario	59
5.14	Analisi da parte di Google Vertex AI: Custom Text Classification - questionario	60
5.15	Analisi da parte di Amazon Comprehend: Custom Classification - comunicazione generica	60
5.16	Analisi da parte di Google Vertex AI: Custom Text Classification - comunicazione generica	61
5.17	Analisi da parte di Amazon Comprehend: Custom Classification, aumento set di dati - questionario	61
5.18	Analisi da parte di Google Vertex AI: Custom Text Classification, aumento set di dati - comunicazione generica	62
5.19	Analisi da parte di Amazon Comprehend: Custom Classification, aumento set di dati - comunicazione lezione	62
5.20	Analisi da parte di Google Vertex AI: Custom Text Classification, aumento set di dati - comunicazione esame	63
5.21	Analisi da parte di Amazon Comprehend: Custom Classification, diminuzione categorie - questionario	64
5.22	Analisi da parte di Amazon Comprehend: Custom Classification, diminuzione categorie - comunicazione lezione	64
5.23	Analisi da parte di Amazon Comprehend: Custom Classification, diminuzione categorie - comunicazione esame	65

5.24	Analisi da parte di Google Vertex AI: Custom Text Classification, aumento set di dati - questionario	65
5.25	Analisi da parte di Google Vertex AI: Custom Text Classification, aumento set di dati - comunicazione generica	66
5.26	Analisi da parte di Google Vertex AI: Custom Text Classification, aumento set di dati - comunicazione lezione	66
5.27	Analisi da parte di Google Vertex AI: Custom Text Classification, aumento set di dati - comunicazione esame	67
5.28	Analisi da parte di Google Vertex AI: Custom Text Classification, diminuzione categorie - questionario	67
5.29	Analisi da parte di Google Vertex AI: Custom Text Classification, diminuzione categorie - comunicazione lezione	68
5.30	Analisi da parte di Google Vertex AI: Custom Text Classification, diminuzione categorie - comunicazione esame	68
5.31	Risultato delle analisi da parte di Amazon Comprehend: Custom Classification	69
5.32	Risultato delle analisi da parte di Google Vertex AI: Custom Text Classification	69

Elenco delle tabelle

5.1	Confronto delle classificazioni tra Amazon Comprehend e Google Vertex AI .	58
5.2	Confronto delle classificazioni con diversi set di dati da parte di Amazon Comprehend	67
5.3	Confronto delle classificazioni con diversi set di dati da parte di Google Cloud Vertex AI	68

L'Intelligenza Artificiale (IA) rappresenta una delle innovazioni più significative del nostro tempo, essa ha trasformato in modo radicale il modo in cui interagiamo con la tecnologia e gestiamo le informazioni. Le organizzazioni si trovano di fronte alla necessità di adattarsi a un panorama tecnologico in continua evoluzione, dove l'efficienza operativa e la capacità di prendere decisioni informate sono diventati fattori critici per il successo. In questo contesto, le piattaforme di Cloud Computing come Amazon Web Services (AWS) e Google Cloud Platform (GCP) si affermano come attori chiave, offrendo strumenti e soluzioni che integrano le capacità dell'IA in vari ambiti applicativi.

Questo lavoro è stato realizzato per indagare come queste piattaforme sfruttino l'IA per fornire servizi avanzati in aree come il riconoscimento ottico dei caratteri, la sentiment analysis e la classificazione automatica del testo. L'importanza di tali tecnologie non può essere sottovalutata, poiché le aziende e le istituzioni sono sempre più chiamate a gestire grandi volumi di dati e a estrarre informazioni significative in tempo reale. Pertanto, un'analisi approfondita delle soluzioni offerte da AWS e GCP non solo contribuisce alla comprensione delle tecnologie disponibili, ma fornisce anche indicazioni su come queste possano essere adottate per migliorare l'efficienza e la precisione nei processi aziendali.

In questa tesi viene svolta un'analisi approfondita delle soluzioni di Intelligenza Artificiale offerte da Amazon Web Services e Google Cloud Platform. Si intende esaminare come queste due piattaforme leader nel settore del Cloud Computing integrino tecnologie avanzate di IA. L'obiettivo è esaminare in dettaglio le funzionalità ed alcuni servizi specifici di ciascuna piattaforma, confrontando dati selezionati per evidenziare le differenze e le similitudini tra le due offerte. Attraverso questa comparazione, si mira a fornire un quadro chiaro delle opportunità e delle limitazioni di AWS e GCP nel contesto dell'Intelligenza Artificiale.

La prima parte del lavoro si concentra sulla raccolta di dati relativi alle funzionalità di riconoscimento ottico dei caratteri (OCR) fornite da AWS e GCP. Si analizzano le metodologie utilizzate, i risultati ottenuti e i casi d'uso specifici, con l'obiettivo di comprendere le differenze nelle performance e nell'efficacia delle soluzioni proposte.

Successivamente, il lavoro si sposta sulla sentiment analysis, un'area cruciale per le aziende che cercano di monitorare la reputazione del proprio brand e le opinioni dei consumatori. Qui, si confrontano le capacità di analisi del sentiment di entrambe le piattaforme, evidenziando le tecniche impiegate e la loro applicabilità in scenari reali.

Infine, si approfondisce la classificazione automatica del testo, esaminando come AWS e GCP affrontano questa sfida attraverso l'uso di algoritmi di Machine Learning. Si analizzano le prestazioni delle loro soluzioni, valutando l'efficacia nella gestione di grandi volumi di dati e la loro capacità di fornire risultati pertinenti e tempestivi.

L'analisi condotta si basa su criteri ben definiti, che includono precisione, velocità e facilità d'uso.

In conclusione, questo studio non solo fornisce un confronto dettagliato delle soluzioni di IA offerte da AWS e GCP, ma offre anche spunti sulle potenziali applicazioni future di tali tecnologie. Si esplorano le opportunità di miglioramento e i limiti riscontrati, con l'intenzione di offrire un contributo significativo alla comprensione di come l'IA possa essere sfruttata al meglio per affrontare le sfide del mercato attuale e futuro.

Questa tesi è strutturata come di seguito specificato:

- Nel Capitolo 1 si introdurrà il concetto di Intelligenza Artificiale, con una panoramica delle sue componenti chiave e della sua storia. Inoltre, verranno evidenziate alcune applicazioni dell'IA.
- Nel Capitolo 2 si presenterà il concetto di Cloud Computing e verranno introdotte due delle principali piattaforme cloud, ovvero AWS e GCP, con un focus sui servizi di IA.
- Nel Capitolo 3 verrà effettuato un confronto tra Amazon Rekognition e Google Cloud Vision sull'estrazione di testi dalle immagini.
- Nel Capitolo 4 verrà effettuata un'analisi delle performance di Amazon Comprehend e Google Cloud Natural Language nella sentiment analysis.
- Nel Capitolo 5 verrà effettuato uno studio comparativo della classificazione automatica dei testi tra Amazon Comprehend e Google Vertex AI.
- Nel Capitolo 6 sarà presentata una discussione sui risultati emersi, accompagnata da un'analisi critica che evidenzia i limiti e i potenziali miglioramenti dello studio condotto.

Introduzione all'Intelligenza Artificiale

In questo capitolo iniziale verrà fornita una panoramica generale sull'Intelligenza Artificiale, esplorandone il significato, l'evoluzione storica e le tecnologie che ne derivano. L'obiettivo principale è offrire una comprensione chiara e approfondita di come l'IA sia nata, si sia evoluta e di come oggi eserciti un'influenza significativa in una vasta gamma di settori, dall'industria alla medicina, dai social media al commercio elettronico. Saranno esaminati in dettaglio i concetti di Machine Learning e Deep Learning, nonché le tecnologie di Computer Vision e Natural Language Processing, fornendo una visione completa delle diverse sfaccettature dell'IA. Un breve excursus storico ripercorrerà le tappe fondamentali dello sviluppo dell'IA, dalle sue origini teoriche fino alle applicazioni moderne, con riferimento a date e figure chiave che hanno contribuito a plasmare questo campo. Inoltre, il capitolo presenterà una classificazione dei diversi tipi di IA attualmente esistenti, suddivisi per categorie, basate sulle loro capacità e funzionalità. Questa sezione consentirà di comprendere meglio le differenze tra le varie forme di IA e il loro potenziale impatto. Verranno analizzate alcune delle applicazioni più rilevanti dell'IA nella società contemporanea, mettendo in luce sia i benefici che le sfide legate alla sua adozione. Saranno esaminati esempi concreti in vari settori, mostrando come l'IA stia trasformando processi, decisioni e interazioni quotidiane. Infine, saranno discussi temi legati ai bias, alla privacy, alla sicurezza e all'impatto sul futuro del lavoro. Attraverso esempi concreti, si esploreranno i rischi e le opportunità legati all'IA, sottolineando l'importanza di un quadro normativo e di pratiche etiche per garantire un'adozione responsabile di questa tecnologia.

1.1 Definizione e Concetti Fondamentali

L'Intelligenza Artificiale rappresenta una delle frontiere più dinamiche e innovative della scienza e della tecnologia moderna. Nata all'interno della scienza dell'informazione, l'IA ha esteso la sua influenza ben oltre i confini originali, permeando numerose altre discipline, sia scientifiche che umanistiche. L'IA non solo è diventata un punto di riferimento nella tecnologia contemporanea, ma ha anche rivoluzionato il modo in cui affrontiamo problemi complessi, sia a livello teorico che applicativo.

Definire l'Intelligenza Artificiale è una sfida complessa, principalmente a causa della sua natura in continua evoluzione e della sua applicabilità trasversale. Tradizionalmente, l'IA viene definita come la disciplina che studia e sviluppa algoritmi e modelli computazionali capaci di simulare e replicare l'intelligenza umana. Tuttavia, questa definizione è solo un punto di partenza. Con l'evoluzione delle tecnologie, l'IA si è trasformata in una rete complessa di metodologie che spaziano dall'apprendimento automatico al trattamento del linguaggio naturale, dall'elaborazione delle immagini alla robotica.

1.1.1 Componenti Chiave dell'IA

L'Intelligenza Artificiale è un campo eterogeneo che si articola in diverse sottodiscipline, ciascuna con i propri approcci, le proprie tecniche e le proprie applicazioni. Le prossime sezioni esplorano alcune delle componenti più importanti che costituiscono l'ossatura dell'IA moderna. La Figura 1.1 mostra le relazioni fra tali componenti.

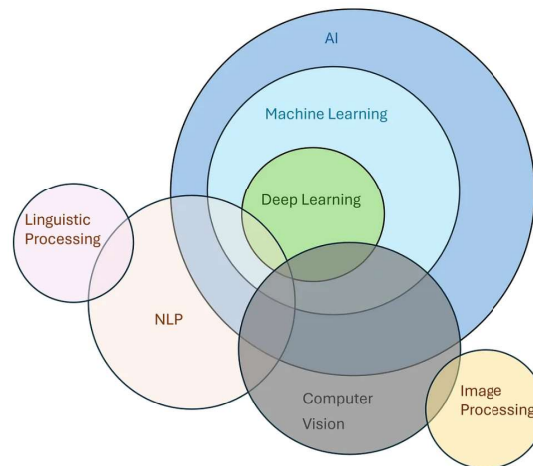


Figura 1.1: Diagramma di Venn che mostra le relazioni fra IA, ML, DL, NLP, Computer vision

Machine Learning

Il Machine Learning (ML) è una branca dell'Intelligenza Artificiale che consente ai computer di apprendere dai dati, identificare pattern e prendere decisioni con programmazione esplicita minima o nulla. Esistono diversi paradigmi di Machine Learning, tra cui l'apprendimento supervisionato, l'apprendimento non supervisionato, l'apprendimento semi-supervisionato e l'apprendimento per rinforzo. Vediamoli più in dettaglio:

- *Apprendimento Supervisionato:* il modello viene addestrato su un dataset etichettato, dove l'algoritmo apprende una mappatura dalle caratteristiche d'ingresso all'etichetta d'uscita. Un esempio classico è la classificazione di email come "spam" o "non spam" basata su una serie di email già categorizzate.
- *Apprendimento Non Supervisionato:* i modelli sono addestrati su dati non etichettati, cercando di identificare strutture o pattern nascosti all'interno dei dati senza la necessità dell'intervento umano.
- *Apprendimento Semi-Supervisionato:* rappresenta una via di mezzo tra l'apprendimento supervisionato e quello non supervisionato. Durante l'addestramento, un piccolo set di dati etichettati viene impiegato per orientare la classificazione e per l'estrazione delle caratteristiche da un set di dati più ampio e non etichettato.
- *Apprendimento per Rinforzo:* questo approccio si basa su un sistema di ricompense e penalità per guidare il processo di apprendimento. È simile all'apprendimento supervisionato, ma non viene addestrato utilizzando dati di esempio; esso infatti apprende per tentativi ed errori man mano che procede.

Il Machine Learning è alla base di molte applicazioni pratiche dell'IA, inclusa la previsione del mercato azionario, la diagnosi medica automatizzata e i veicoli autonomi.

Deep Learning

Il Deep Learning (DL) rappresenta una sottocategoria del Machine Learning che si distingue per l'uso di reti neurali profonde, composte da molti strati di nodi (neuroni artificiali).

Questa struttura gerarchica consente al modello di apprendere rappresentazioni di dati a vari livelli di astrazione. Una delle caratteristiche distintive del Deep Learning è proprio la capacità di apprendere rappresentazioni dei dati in modo gerarchico. Nei livelli più bassi della rete, vengono apprese caratteristiche di base, come bordi e texture nel caso delle immagini. Man mano che i dati passano attraverso gli strati successivi, tali caratteristiche vengono combinate per formare rappresentazioni più complesse e astratte, come oggetti o concetti.

Le reti neurali profonde sono particolarmente efficaci in task come il riconoscimento vocale, la traduzione automatica e l'elaborazione delle immagini, dove i dati grezzi possono essere trasformati in rappresentazioni astratte che facilitano il processo decisionale.

Computer Vision

La Computer Vision è un campo interdisciplinare che si concentra sull'interpretazione automatica delle informazioni visive. Essa combina tecniche di elaborazione delle immagini con algoritmi di Machine Learning per permettere ai computer di comprendere e interpretare scene visive.

Applicazioni comuni della Computer Vision includono il riconoscimento facciale, l'analisi video, la guida autonoma e il riconoscimento di oggetti.

Le sfide della Computer Vision risiedono nella complessità e nella variabilità delle scene visive. Ad esempio, il riconoscimento di un oggetto può essere influenzato da fattori come l'illuminazione, l'angolazione e l'occlusione parziale. Per affrontare queste sfide, gli algoritmi di visione artificiale utilizzano tecniche avanzate come le reti neurali convoluzionali.

Natural Language Processing (NLP)

Il Natural Language Processing (NLP) è la disciplina che si occupa dell'interazione tra computer e linguaggio umano. L'NLP comprende una vasta gamma di attività, tra cui la comprensione del testo, la traduzione automatica, la generazione del linguaggio naturale, e il riconoscimento vocale.

Le tecniche di NLP sono fondamentali per lo sviluppo di assistenti virtuali, chatbot e sistemi di analisi del sentiment. Una delle sfide principali dell'NLP è gestire l'ambiguità e la complessità del linguaggio naturale, che varia non solo tra le lingue ma anche all'interno di una stessa lingua, a seconda del contesto, del tono e del pubblico.

1.2 Storia e Sviluppo dell'Intelligenza Artificiale

L'Intelligenza Artificiale è un campo multidisciplinare che ha subito una trasformazione significativa nel corso degli anni. Dai suoi primi concetti teorici all'attuale diffusione nelle applicazioni industriali, l'IA ha attraversato diverse fasi di sviluppo che hanno portato a innovazioni rivoluzionarie.

1.2.1 Le Origini e lo Sviluppo dell'IA

Le radici dell'Intelligenza Artificiale possono essere fatte risalire alla metà del XX secolo, quando filosofi e matematici iniziarono a esplorare l'idea di macchine capaci di pensare come esseri umani. Nel 1956, un seminario di ricerca al Dartmouth College segnò l'inizio ufficiale

dell'Intelligenza Artificiale, coniato il termine stesso. La proposta, di cui viene mostrata la prima pagina nella Figura 1.2, scritta da John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester e Claude Shannon nel 1955, prevedeva un progetto di ricerca della durata di due mesi che coinvolgeva 10 studiosi, impegnati nell'esplorare la possibilità di descrivere e simulare ogni aspetto dell'intelligenza umana tramite macchine. Gli obiettivi includevano lo sviluppo di macchine capaci di usare il linguaggio, formulare concetti, risolvere problemi complessi e migliorare se stesse. Questo concetto era già stato esplorato da Turing con il famoso *Test di Turing*, un criterio per determinare se una macchina potesse essere considerata intelligente in base alla sua capacità di simulare una conversazione umana. Turing immaginava che le macchine potessero non solo eseguire calcoli complessi, ma anche replicare processi cognitivi umani, anticipando molti dei concetti che sarebbero stati esplorati nel progetto di ricerca predetto.

Durante i primi anni, la ricerca sull'IA si concentrava principalmente sulla logica simbolica; in tale contesto furono esplorate le capacità delle macchine di eseguire compiti come la risoluzione di teoremi matematici e la traduzione automatica di testi.

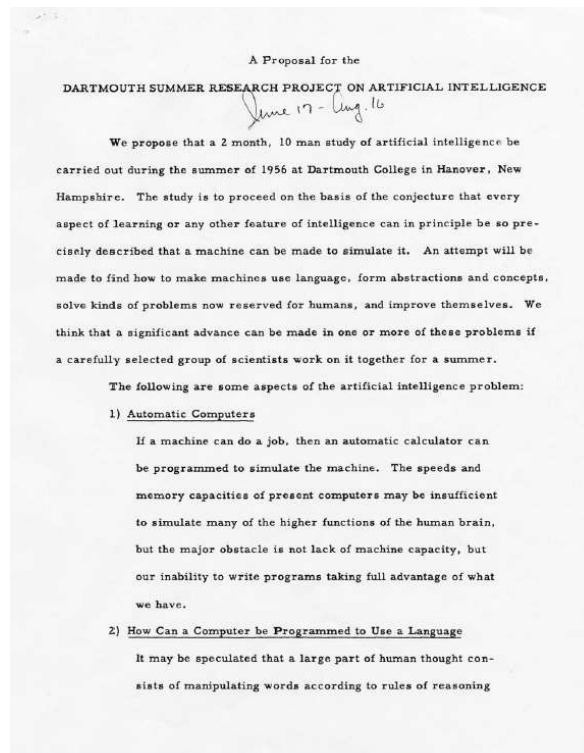


Figura 1.2: A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence, prima pagina

1.2.2 Dalle Origini all'Avvento delle Reti Neurali

La mancanza di potenza di calcolo e la complessità dei problemi da affrontare causò, negli anni '60 e '70, un affievolimento dell'entusiasmo iniziale, portando a quello che viene chiamato "AI Winter", un periodo di ridotto interesse nel campo. Nonostante le difficoltà, la ricerca sull'IA non si fermò. Negli anni '80, vi fu una rinascita dell'interesse grazie allo sviluppo delle reti neurali artificiali, ispirate alla struttura del cervello umano. Questi modelli, inizialmente proposti negli anni '50 da Warren McCulloch e Walter Pitts, furono riscoperti e perfezionati grazie all'aumento della potenza di calcolo e all'invenzione di algoritmi più efficienti.

L'introduzione dell'algoritmo di retropropagazione (backpropagation) da parte di Geoffrey Hinton e altri ricercatori rappresentò un contributo fondamentale che permise l'addestramento efficace di reti neurali multistrato. Questo approccio aprì nuove possibilità per l'IA, permettendo lo sviluppo di sistemi in grado di riconoscere pattern complessi, come immagini e segnali vocali.

Parallelamente, vi fu un crescente interesse per l'apprendimento automatico (Machine Learning) e l'uso di metodi statistici per permettere alle macchine di imparare dai dati. Questo portò a progressi significativi in molte aree, tra cui il riconoscimento del linguaggio naturale, la visione artificiale e la robotica.

1.2.3 l'IA Moderna e le Sue Applicazioni

Dagli anni '90 in poi, l'Intelligenza Artificiale ha fatto enormi progressi, evolvendosi fino a diventare una tecnologia cruciale in molteplici settori. Nel 1995 Stuart Russell e Peter Norvig pubblicano *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, un testo fondamentale che diventa uno dei principali manuali di riferimento nello studio dell'IA.

Fra gli eventi significativi per l'IA moderna ricordiamo quello avvenuto nel 2015, quando il supercomputer Minwa di Baidu ha utilizzato un tipo speciale di rete neurale profonda, chiamata rete neurale convoluzionale, per identificare e categorizzare immagini con un tasso di accuratezza superiore a quello medio umano. Questo risultato ha dimostrato il potenziale del Deep Learning e delle reti neurali profonde nel risolvere problemi complessi e ha spianato la strada per ulteriori innovazioni in settori come la visione artificiale e il riconoscimento vocale.

Nel 2023, l'aumento della dimensione e la diffusione dei Large Language Models (LLM), come ChatGPT, crea un enorme cambiamento nelle prestazioni dell'IA e nel suo potenziale di generare valore aziendale.

In conclusione, l'IA moderna rappresenta una forza trainante dell'innovazione tecnologica e industriale.

1.3 Tipologie di Intelligenza Artificiale

A seconda delle capacità di imitare le caratteristiche umane, la tecnologia usata per farlo. Le loro applicazioni nel mondo reale, sono stati identificati tre tipi di Intelligenza Artificiale: ANI - Artificial Narrow Intelligence, AGI - Artificial General Intelligence e ASI - Artificial Super Intelligence.

1.3.1 ANI, IA Debole

L'IA debole, o Artificial Narrow Intelligence (ANI), è progettata per eseguire compiti specifici e limitati, è efficace nel suo ambito di applicazione, ma manca della complessità e della flessibilità dell'intelligenza umana. Sebbene le macchine che implementano l'IA debole possano sembrare intelligenti, esse si limitano a simulare il comportamento umano con una serie ristretta di vincoli e limitazioni. L'IA debole è l'unico tipo di intelligenza artificiale sviluppata fino ad oggi. Siri, Alexa, Cortana, fra gli assistenti virtuali, sono degli esempi di IA debole; essi svolgono solo il proprio compito di comprendere e rispondere a comandi vocali con precisione; i software di riconoscimento facciale e le auto a guida autonoma sono ulteriori esempi di questo tipo di tecnologia.

Sotto la categoria di Artificial Narrow Intelligence sono state definite quattro sottocategorie principali basate sulle funzionalità. Esse sono classificate in base alla loro capacità di

percepire e reagire all'ambiente, nonché al modo in cui imparano e si adattano alle nuove informazioni. Tali sottocategorie sono:

- *Reactive Machine AI*: sistemi senza memoria che eseguono compiti specifici usando solo dati attuali.
- *Limited Memory AI*: questi sistemi possono utilizzare dati passati per un breve periodo per migliorare le decisioni. Esempi notevoli sono gli strumenti di IA generativa come ChatGPT, che verrà discusso nel seguito.
- *Theory of Mind AI*: si tratta di una forma teorica di IA che comprenderebbe pensieri ed emozioni umane, personalizzando le interazioni.
- *Self-Aware AI*: si tratta di un'IA teorica e avanzata che sarebbe consapevole di sé stessa, con emozioni proprie.

1.3.2 AGI, IA Forte

L'Intelligenza Artificiale Generale (AGI), anche nota come IA forte o Intelligenza Artificiale profonda, si rifà al concetto di una macchina dotata di un'intelligenza generale simile a quella umana. L'AGI sarebbe in grado di imitare i comportamenti umani, apprendere e applicare la sua intelligenza per risolvere qualsiasi problema in modo indistinguibile da un essere umano. Nonostante i progressi nel campo dell'Intelligenza Artificiale, i ricercatori non hanno ancora raggiunto l'IA forte. Per riuscirci, sarebbe necessario sviluppare macchine consapevoli, dotate di un'ampia gamma di abilità cognitive. Tali macchine dovrebbero essere in grado di andare oltre l'efficienza nei singoli compiti, acquisendo la capacità di applicare l'apprendimento esperienziale a una vasta gamma di problemi diversi. *K* costruito da *Fujitsu* (Figura 1.3), uno dei supercomputer più veloci, rappresenta il tentativo più notevole di ottenere una Intelligenza Artificiale forte, con i suoi 82mila processori e il petabyte di memoria, ha impiegato 40 minuti per simulare circa il 2% delle attività che svolge il cervello umano in un secondo



Figura 1.3: K computer

1.3.3 ASI, Super AI

La "Super AI" (o "SuperIntelligenza Artificiale") è un concetto teorico che si riferisce a una forma di Intelligenza Artificiale che supera di gran lunga le capacità cognitive degli esseri umani in quasi tutti i campi, inclusi la creatività, la risoluzione di problemi complessi, la pianificazione strategica e l'apprendimento. La Super AI sarebbe in grado di migliorarsi

autonomamente e potrebbe diventare esponenzialmente più intelligente rispetto al suo stato iniziale.

1.3.4 IA Generativa

L'avvento dell'IA generativa ha portato ad una rivoluzione tecnologica; essa rappresenta un modello di Deep Learning che punta a generare nuovi dati partendo dai dati di addestramento ad essa sottomessi. Essa è progettata per creare nuovi contenuti, come testo, immagini, musica o video, basandosi su dati di esempio. L'IA generativa consente di creare contenuti nuovi basati su dati esistenti, riducendo il peso delle attività ripetitive e permettendo alle persone di concentrarsi su compiti più creativi e strategici. L'IA generativa si basa sull'architettura dei Transformer, un modello di rete neurale introdotto nel 2017 nel paper "Attention is All You Need", scritto da otto scienziati che lavoravano presso Google. Il Transformer (Figura 1.4) utilizza meccanismi di "self-attention" per pesare l'importanza di diverse parti di una sequenza di dati, consentendo una maggiore parallelizzazione e velocità di addestramento. Questa architettura ha rivoluzionato il campo dell'elaborazione del linguaggio naturale (NLP) ed è alla base di modelli avanzati come GPT.

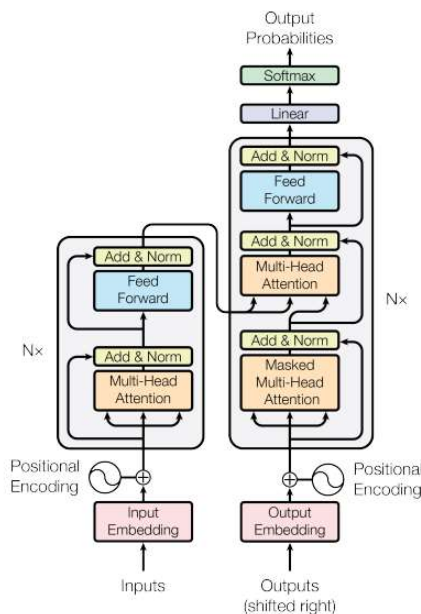


Figura 1.4: Architettura di un Transformer

ChatGPT

ChatGPT, sviluppato da OpenAI, è basato sul modello GPT (Generative Pre-trained Transformer) ed è diventato noto per la sua capacità di generare testi simili a quelli umani. È utilizzato in varie applicazioni, come GitHub Copilot per suggerire codice e Microsoft Bing per migliorare la ricerca. Dopo il suo rilascio pubblico nel novembre 2022, ChatGPT ha raggiunto 1 milione di utenti in meno di una settimana, un record mai visto prima, superando ampiamente il tempo impiegato da altre piattaforme come Netflix (49 mesi) o Twitter (24 mesi). Questo rapido successo dimostra l'entusiasmo e l'adozione diffusa degli strumenti di IA generativa nella quotidianità e nei flussi di lavoro.

1.4 Applicazioni dell'Intelligenza Artificiale

1.4.1 IA nell'Industria, processi automatizzati e manutenzione predittiva

L'Industria 4.0 sfrutta ampiamente l'Intelligenza Artificiale e il Machine Learning per migliorare la produttività e l'efficienza operativa. L'automazione dei processi industriali è una delle applicazioni più diffuse dell'IA, consentendo di automatizzare compiti complessi come la produzione, la logistica e la manutenzione. Ciò porta a una riduzione degli errori e a un utilizzo più efficiente delle risorse aziendali.

Un elemento chiave dell'IA nell'industria è la manutenzione predittiva, che utilizza modelli matematici avanzati per monitorare lo stato dei macchinari e prevedere potenziali guasti.

Un altro esempio è la robotica autonoma, dove i robot avanzati eseguono operazioni fisiche, come l'assemblaggio, il sollevamento di carichi pesanti e la movimentazione dei materiali, con una precisione eccezionale. Nell'industria automobilistica, ad esempio, i robot autonomi assemblano parti complesse con una precisione millimetrica, migliorando la qualità del prodotto finale e riducendo i tempi di produzione.

Un'altra tecnologia fondamentale è la visione artificiale, che consente di monitorare in tempo reale la qualità della produzione. Grazie a sofisticati algoritmi di riconoscimento delle immagini, i sistemi di visione artificiale possono identificare difetti o anomalie nei prodotti durante il processo produttivo, permettendo interventi immediati per correggere gli errori.

1.4.2 IA in Medicina, diagnosi medica e trattamenti personalizzati

Un'applicazione comune dell'Intelligenza Artificiale in medicina è la diagnostica per immagini assistita da computer. Questa tecnologia analizza dati sanitari, come risonanze magnetiche, TAC ed ecografie, per supportare i medici nell'identificazione di patologie o anomalie, migliorando l'accuratezza e la rapidità delle diagnosi. L'IA può individuare pattern nei dati dei pazienti, contribuendo al rilevamento precoce di malattie e aumentando le possibilità di trattamenti efficaci. Questo aiuto si estende anche all'analisi di immagini radiologiche e test di laboratorio. L'IA può inoltre analizzare i dati dei pazienti, come la loro storia clinica, il profilo genetico e le risposte a trattamenti precedenti, per proporre piani terapeutici su misura.

Un esempio concreto è dato da IBM Watson for Oncology. Si tratta di un software avanzato basato su Intelligenza Artificiale sviluppato da IBM per supportare gli oncologi nella decisione terapeutica. Il sistema analizza i dati clinici del paziente, confrontandoli con migliaia di casi storici e di ricerche curate dal Memorial Sloan Kettering (MSK), il più antico e più grande centro oncologico privato. Sulla base di questa analisi, Watson for Oncology fornisce opzioni di trattamento personalizzate, aggiornandosi regolarmente per riflettere gli sviluppi nel campo dell'oncologia.

1.4.3 IA nei Social Media e nell'E-Commerce

L'Intelligenza Artificiale e i social media sono strettamente collegati. Piattaforme social, come Meta o TikTok, raccolgono enormi quantità di dati, che sfruttano l'IA per essere elaborati. L'IA aiuta a personalizzare i contenuti e a creare engagement, permettendo di costruire un identikit dettagliato di ogni utente basato sui suoi comportamenti e sulle sue preferenze. Analizzando le interazioni passate, come i "like", i commenti e le condivisioni, l'IA suggerisce contenuti che rispondono agli interessi specifici di ogni utente. Nel contesto dei social media, l'Intelligenza Artificiale svolge un ruolo fondamentale anche nella moderazione dei contenuti,

analizzando automaticamente testi, immagini e video per rilevare e rimuovere contenuti inappropriati.

Nel commercio elettronico, l'IA è altrettanto indispensabile, in particolare grazie all'uso di motori di raccomandazione che suggeriscono prodotti personalizzati basandosi sulla cronologia di navigazione e sugli acquisti precedenti dell'utente. Piattaforme come Amazon e Alibaba sfruttano l'IA per presentare agli utenti prodotti rilevanti, aumentando così la probabilità di conversione e migliorando l'esperienza d'acquisto complessiva.

1.4.4 Assistenti Digitali e Automazione delle Interazioni

Gli assistenti digitali, noti anche come smart assistant, rappresentano un'applicazione molto diffusa dell'Intelligenza Artificiale nell'era digitale. Questi strumenti sono progettati per interagire con gli esseri umani utilizzando il linguaggio naturale, rispondendo a domande, eseguendo compiti specifici e apprendendo dalle interazioni passate per offrire esperienze sempre più personalizzate. Gli assistenti digitali sono ormai parte integrante della vita quotidiana di molti consumatori. Strumenti come Siri di Apple, Alexa di Amazon e Google Assistant sono in grado di rispondere a una vasta gamma di richieste che vanno dalle previsioni del tempo alla ricerca di informazioni online, dalla gestione dei dispositivi domestici intelligenti alla pianificazione di attività personali. Questi assistenti non solo semplificano l'accesso a informazioni e servizi, ma migliorano anche l'efficienza con cui gli utenti gestiscono le loro vite quotidiane, offrendo consigli basati sulle abitudini e preferenze personali. Per le aziende, gli assistenti digitali offrono un punto di contatto centralizzato e conveniente sia per i clienti che per i partner esterni. Nel contesto dei contact center, tali assistenti sono ampiamente utilizzati per gestire in modo efficiente le comunicazioni in entrata, rispondendo automaticamente alle richieste più comuni, risolvendo problemi di base e indirizzando le questioni più complesse agli operatori umani.

1.5 Sfide e Considerazioni Etiche

Le nuove tecnologie aprono scenari immaginifici e sorprendenti, ma, se non sono governate in modo adeguato, rischiano di portare effetti indesiderati, altrettanto sorprendenti ma in senso negativo

afferma Mariarosaria Taddeo, filosofa presso l'Università di Oxford e l'Alan Turing Institute di Londra. Questa osservazione riflette la complessità e le implicazioni etiche legate all'uso crescente dell'Intelligenza Artificiale e delle tecnologie emergenti nella nostra società. Nelle prossime sottosezioni vediamo alcuni dei risvolti a cui possiamo andare incontro.

1.5.1 Bias IA

I modelli di Intelligenza Artificiale possono essere influenzati da bias che derivano dai dati utilizzati per il loro addestramento. Questi bias non sono semplici errori tecnici, ma riflettono spesso disuguaglianze sociali e culturali già esistenti. Ad esempio, se un modello di IA viene addestrato su dati storici che contengono pregiudizi di genere, razziali o economici, è probabile che riproduca questi bias nelle sue previsioni o decisioni.

Un esempio emblematico riguarda Amazon che nel 2015, ha sviluppato un sistema di reclutamento automatizzato basato su Intelligenza Artificiale per selezionare dei candidati per alcune posizioni lavorative in ambito tecnologico. Tuttavia, si è scoperto che il sistema mostrava un bias di genere, penalizzando i curriculum che contenevano parole associate al genere femminile. Questo avveniva perché l'algoritmo era stato addestrato su dati di curriculum provenienti principalmente da candidati maschi, rispecchiando la composizione

storica del settore tecnologico. A causa di questi bias, il sistema tendeva a favorire i candidati maschi rispetto alle donne, perpetuando le disuguaglianze di genere nel processo di selezione.

1.5.2 Privacy, Sicurezza e Sorveglianza

La raccolta e l'elaborazione di grandi quantità di dati da parte dei sistemi di IA rappresentano una minaccia significativa per la privacy degli individui. La disponibilità di dati personali su grande scala, unita alla capacità delle IA di analizzarli e trarne conclusioni, può portare a una sorveglianza diffusa e alla violazione dei diritti fondamentali. Un caso emblematico è l'uso di tecnologie di sorveglianza avanzate da parte di governi e forze dell'ordine, che utilizzano IA per monitorare le attività dei cittadini, identificare comportamenti sospetti e prevenire crimini. Sebbene queste tecnologie possano migliorare la sicurezza pubblica, pongono preoccupazioni riguardo alla libertà individuale e ai diritti civili.

Per bilanciare tali sfide, è necessario un quadro normativo robusto che garantisca la protezione della privacy e dei diritti umani, pur consentendo l'innovazione tecnologica. La legislazione europea sul General Data Protection Regulation (GDPR) rappresenta un tentativo di affrontare queste problematiche, imponendo rigide regole sulla raccolta, sull'elaborazione e sulla conservazione dei dati personali, nonché sui diritti degli individui a controllare i propri dati.

Tuttavia, la regolamentazione da sola non è sufficiente. È essenziale che le organizzazioni che sviluppano e utilizzano sistemi di IA adottino pratiche etiche rigorose e trasparenti.

1.5.3 IA e il Futuro del Lavoro

L'Intelligenza Artificiale sta trasformando il panorama del lavoro, automatizzando molte attività che erano tradizionalmente svolte da esseri umani. Questa automazione può portare a una riduzione dei posti di lavoro in determinati settori, creando incertezza per il futuro dei lavoratori.

Secondo il report "A Future That Works: Automation, Employment and Productivity" del McKinsey Global Institute, presentato al World Economic Forum di Davos, circa la metà dell'attuale forza lavoro globale potrebbe essere impattata dall'automazione con le tecnologie attualmente disponibili. Ciò suggerisce che molte professioni potrebbero subire cambiamenti significativi, ma non necessariamente una riduzione netta dell'occupazione totale. Il report "The Future of Jobs 2023" del World Economic Forum prevede che l'IA e altre tecnologie creeranno occupazione, con un'adozione prevista dal 75% delle aziende. Si prevede una crescita significativa per specialisti in IA, Machine Learning, sicurezza informatica e ingegneri robotici, con un aumento del 30% entro il 2027 nei ruoli correlati.

La Figura 1.4, estratta dal documento del World Economic Forum "Future of Jobs Survey 2023", mostra la previsione dei prossimi cinque anni: si ipotizza che 83 milioni di posti di lavoro saranno persi e 69 milioni saranno creati, costituendo un ricambio strutturale del mercato del lavoro di 152 milioni di posti, ovvero il 23% dei 673 milioni di dipendenti nel set di dati studiato.

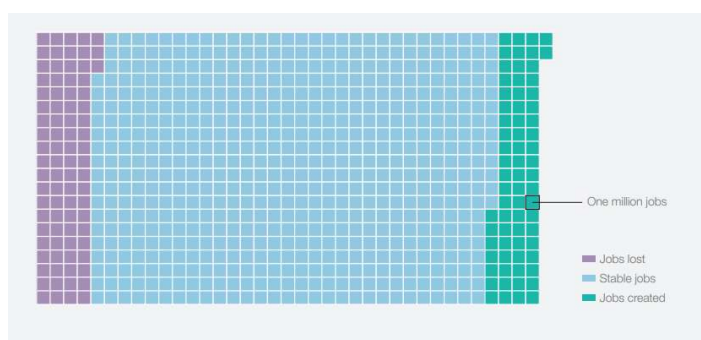


Figura 1.5: Creazione e dislocazione dei posti di lavoro prevista, 2023-2027

Amazon Web Services e Google Cloud Platform

Il Cloud Computing ha rivoluzionato il modo in cui le aziende gestiscono e sfruttano le risorse informatiche, consentendo ad esse di accedere a una potenza di calcolo scalabile e flessibile senza dover sostenere i costi di gestione di infrastrutture fisiche. In questo contesto, le piattaforme cloud hanno giocato un ruolo fondamentale, non solo come semplici provider di risorse, ma anche come abilitatori di tecnologie avanzate, come l'Intelligenza Artificiale (AI). Questo capitolo si propone di fornire una panoramica dettagliata sul Cloud Computing e su due delle principali piattaforme cloud che hanno favorito la diffusione e l'implementazione delle tecnologie AI su scala globale: Amazon Web Services e Google Cloud Platform. Verrà esplorato il ruolo del cloud nell'evoluzione dell'Intelligenza Artificiale, evidenziando come le piattaforme cloud hanno reso più accessibili e potenti gli strumenti di AI. Infine, verranno esaminati due dei principali provider di cloud e AI, Amazon Web Services (AWS) e Google Cloud Platform (GCP), con un confronto tra le loro offerte in termini di servizi, infrastrutture, investimenti in intelligenza artificiale, modelli di prezzo, casi d'uso e vantaggi di utilizzo.

2.1 Il Cloud Computing e le Piattaforme Cloud

Il Cloud Computing è una tecnologia che consente l'accesso a risorse informatiche come server, archiviazione, database, rete, software e altro ancora, attraverso Internet, esso è comunemente noto come il "cloud". Questa tecnologia consente alle aziende e agli utenti di utilizzare le risorse IT in modo scalabile e flessibile, riducendo la necessità di investire in hardware e infrastrutture locali. Le risorse cloud sono fornite su richiesta e possono essere utilizzate in base alle esigenze, con un modello di pagamento basato sull'utilizzo effettivo, il che permette di ottimizzare i costi e migliorare l'efficienza operativa.

2.1.1 I Principali Modelli di Cloud Computing

Di seguito una panoramica dei principali modelli di Cloud Computing (tre dei quali presenti nella Figura 2.1), che costituiscono le fondamenta delle soluzioni cloud moderne.

- *IaaS (Infrastructure as a Service)*: il modello IaaS è un tipo di servizio di Cloud Computing che fornisce agli utenti infrastruttura IT di base, come server, storage, e reti, su richiesta tramite Internet. Con IaaS, l'infrastruttura fisica è gestita da un provider cloud, mentre l'utente è responsabile della gestione dei sistemi operativi, delle applicazioni, dei dati e del middleware.

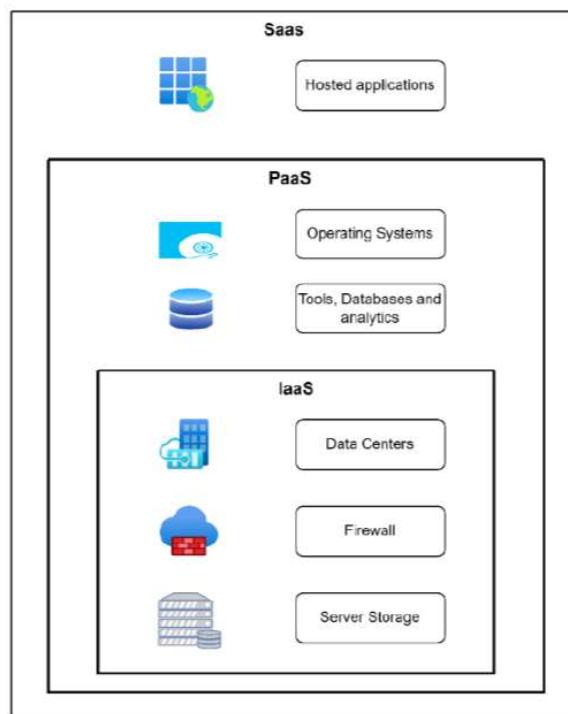


Figura 2.1: Confronto tra IaaS, PaaS, SaaS

IaaS utilizza la virtualizzazione per creare macchine virtuali (VM) su hardware fisico. Ogni VM può eseguire sistemi operativi e applicazioni indipendenti, fornendo isolamento tra gli utenti che condividono lo stesso hardware fisico. Sebbene il provider IaaS gestisca l'infrastruttura fisica, la sicurezza a livello di sistema operativo, applicazione e dati è di responsabilità dell'utente. Tuttavia, i provider IaaS offrono strumenti di sicurezza come firewall, crittografia e sistemi di rilevamento delle intrusioni.

- *PaaS (Platform as a Service)*: è un modello di Cloud Computing che fornisce un ambiente completo di sviluppo e distribuzione nel cloud. Esso include non solo l'infrastruttura di base (server, storage, rete), come nel modello IaaS, ma anche middleware, strumenti di sviluppo, servizi di Business Intelligence e sistemi di gestione dei database. Ciò permette agli sviluppatori di creare, testare, distribuire e gestire applicazioni senza doversi preoccupare della gestione dell'infrastruttura sottostante. PaaS fornisce tutti gli strumenti necessari per l'intero ciclo di vita delle applicazioni, dalla creazione al test, fino alla distribuzione e alla gestione. Gli sviluppatori accedono a queste risorse tramite una connessione Internet sicura, pagando solo per ciò che utilizzano.
- *SaaS (Software as a Service)*: SaaS è un modello di Cloud Computing che consente agli utenti di accedere e utilizzare applicazioni software tramite Internet. Invece di installare e gestire software sui propri dispositivi, gli utenti accedono alle applicazioni SaaS tramite un browser web. Esempi comuni includono servizi di posta elettronica, come Outlook, e strumenti di produttività, come Microsoft Office 365. SaaS fornisce un'intera applicazione software gestita da un provider di servizi cloud. Il provider si occupa di gestire l'infrastruttura, il middleware, il software e i dati dell'applicazione, garantendo la disponibilità e la sicurezza. Gli utenti accedono alle applicazioni SaaS tramite Internet, spesso utilizzando un browser web, senza dover installare alcun software locale.
- *Elaborazione serverless*: è un modello di Cloud Computing che consente agli sviluppatori di creare applicazioni senza dover gestire l'infrastruttura sottostante. Sebbene il codice

venga comunque eseguito su server, l'infrastruttura è completamente gestita dal provider di servizi cloud, rendendo invisibili allo sviluppatore le attività di provisioning e gestione dei server. Ciò permette agli sviluppatori di concentrarsi sulla logica di business e accelerare il time-to-market.

2.1.2 Le Piattaforme Cloud: uno sguardo

Le piattaforme cloud sono sistemi operativi e hardware configurati in data center per fornire servizi di Cloud Computing ai clienti tramite Internet. Una piattaforma cloud consente alle aziende di accedere a risorse informatiche, come elaborazione, archiviazione, database e reti, senza dover acquistare, installare e gestire infrastrutture fisiche in loco. Esistono diversi tipi di piattaforme cloud, ciascuna con caratteristiche specifiche. Questi sono:

- *Cloud pubblico*: è gestito da provider esterni e le risorse vengono condivise tra più clienti, mantenendo l'isolamento dei dati e delle applicazioni attraverso tecnologie di virtualizzazione. Tale modello offre un'elevata scalabilità e costi ridotti, poiché le risorse vengono pagate in base all'utilizzo. I provider di cloud pubblico più importanti includono Alibaba Cloud, Amazon Web Services (AWS), Google Cloud, IBM Cloud e Microsoft Azure
- *Cloud privato*: dedicato a una singola organizzazione, offre un maggiore controllo e una maggiore sicurezza poiché l'infrastruttura può essere personalizzata secondo le esigenze specifiche dell'organizzazione. Il cloud privato può essere gestito internamente dall'organizzazione stessa o da un provider terzo.
- *Cloud ibrido*: combina elementi di cloud pubblico e privato, permettendo alle aziende di bilanciare il carico di lavoro e ottimizzare l'uso delle risorse. Questo approccio offre flessibilità, consentendo di mantenere dati sensibili su cloud privato e di sfruttare la scalabilità del cloud pubblico per carichi di lavoro non critici.

Le piattaforme cloud sono utilizzate per una vasta gamma di attività, tra cui l'archiviazione dei dati, il backup, lo sviluppo di applicazioni, l'analisi di grandi volumi di dati, e l'esecuzione di software on-demand. Inoltre, esse supportano l'innovazione continua, consentendo alle aziende di sperimentare nuove tecnologie e di rispondere rapidamente ai cambiamenti del mercato.

2.2 Cloud AI

La combinazione di Cloud Computing e Intelligenza Artificiale, nota come Cloud AI, rappresenta un'innovativa sinergia tra queste due tecnologie. Grazie a questa integrazione, le organizzazioni possono facilmente implementare strumenti e algoritmi di AI insieme ai servizi cloud nelle loro operazioni quotidiane.

Il Cloud AI permette di sfruttare al massimo le potenzialità dell'Intelligenza Artificiale, comprese tecnologie avanzate come il Machine Learning, l'elaborazione del linguaggio naturale e la visione artificiale. Questa fusione offre numerosi vantaggi, fornendo alle aziende un significativo vantaggio competitivo.

La Figura 2.2 mostra la classificazione dei principali fornitori di servizi AI nel cloud secondo Gartner, suddivisi in quattro quadranti: Leader, Challenger, Visionari e Niche Players. Amazon Web Services, Google, Microsoft e IBM sono posizionati nel quadrante dei leader.

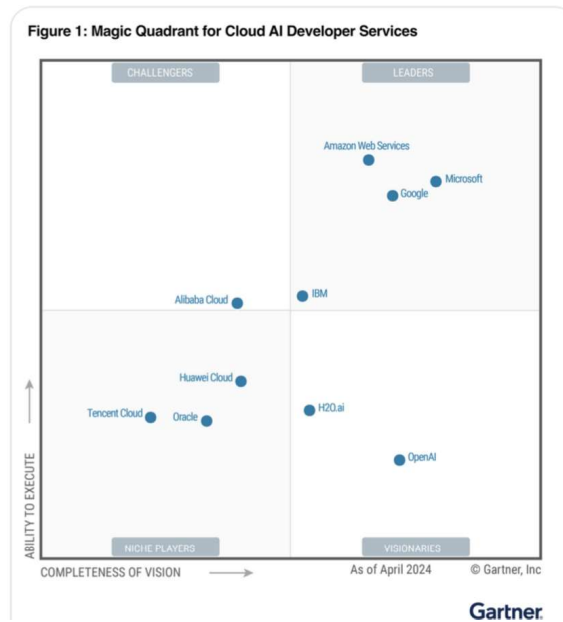


Figura 2.2: Magic Quadrant per Cloud AI Developer Services (Aprile 2024).

2.2.1 Principali fornitori di Cloud AI

Di seguito vediamo una breve descrizione dei quattro *leader* in termini di fornitori di servizi di Cloud AI:

- *Amazon Web Services (AWS)*: è un leader nel settore del Cloud Computing e offre numerosi servizi AI. Tra questi, Amazon SageMaker, per la costruzione, l'addestramento e la distribuzione di modelli di Machine Learning, e Amazon Rekognition, per l'analisi di immagini e video. AWS è noto per la sua scalabilità e la vasta gamma di strumenti disponibili per l'AI e il Machine Learning.
- *Google Cloud Platform (GCP)*: offre servizi avanzati, come Google AI Platform per la costruzione e distribuzione di modelli di Machine Learning, e strumenti per l'analisi dei dati e l'elaborazione del linguaggio naturale. Google è rinomato per la sua eccellenza nelle tecnologie di AI e Machine Learning, grazie anche alla sua esperienza nel settore della ricerca e dello sviluppo tecnologico.
- *Microsoft Azure*: Azure Machine Learning, Cognitive Services e Bot Service sono alcuni dei servizi AI di Azure, che consentono ai clienti di creare, distribuire e gestire applicazioni di Intelligenza Artificiale. Azure è particolarmente apprezzato per la sua integrazione con strumenti aziendali esistenti e la facilità d'uso delle sue soluzioni di AI.
- *IBM Cloud*: IBM Watson AI e altri servizi di IBM Cloud sono progettati per offrire soluzioni AI in vari settori, compresi l'analisi dei dati, l'elaborazione del linguaggio naturale e la visione artificiale. IBM è noto per la sua competenza nelle applicazioni AI di livello enterprise e nella fornitura di soluzioni personalizzate.

2.2.2 Impiego dell'IA nel Cloud

L'Intelligenza Artificiale integrata con le capacità del Cloud Computing sta rivoluzionando vari settori, permettendo alle organizzazioni di sfruttare potenza di calcolo e risorse avanzate senza necessità di infrastrutture locali costose. Il Cloud AI offre una flessibilità

senza precedenti, consentendo alle aziende di accedere a strumenti potenti per il Machine Learning, l'analisi predittiva, la visione artificiale e molto altro. Di seguito sono riportati alcuni casi d'uso dettagliati che dimostrano l'impatto significativo di queste tecnologie.

Machine Learning e Addestramento dei Modelli

Le piattaforme cloud forniscono una potenza di calcolo scalabile e un'infrastruttura avanzata, permettendo ai data scientist e agli sviluppatori di addestrare e migliorare modelli di Machine Learning con grande efficienza. Ciò è particolarmente vantaggioso in settori come il riconoscimento delle immagini, l'elaborazione del linguaggio naturale (NLP) e l'analisi predittiva, dove l'elaborazione di grandi volumi di dati è essenziale per sviluppare algoritmi precisi e affidabili.

Analisi Predittiva

I servizi di AI basati su cloud facilitano l'analisi predittiva, consentendo alle aziende di anticipare tendenze future e ottimizzare le operazioni. Utilizzando dati storici, gli algoritmi di AI possono prevedere comportamenti dei consumatori, permettendo alle aziende di adattare le strategie di marketing in tempo reale. Inoltre, l'analisi predittiva è applicabile alla manutenzione predittiva, dove i modelli di AI possono identificare in anticipo potenziali guasti nelle apparecchiature industriali, riducendo così i tempi di inattività e i costi di manutenzione. Ciò è particolarmente utile in settori come quello della produzione, dove l'ottimizzazione del tempo di attività delle macchine è cruciale.

Elaborazione del Linguaggio Naturale (NLP)

I servizi cloud di NLP permettono l'analisi automatica del linguaggio umano, sia parlato che scritto. Un esempio pratico è l'uso dei chatbot alimentati dall'AI, che migliorano l'efficienza del servizio clienti rispondendo automaticamente alle richieste degli utenti. Le aziende possono anche utilizzare NLP per analizzare il sentiment dei clienti sui social media, fornendo preziose informazioni su come migliorare prodotti e servizi. La traduzione automatica e il riassunto dei contenuti sono ulteriori esempi di come l'NLP possa essere applicato per migliorare la comunicazione e l'efficienza aziendale, soprattutto in contesti internazionali.

Visione Artificiale

La visione artificiale basata su cloud è utilizzata per analizzare foto e video, con applicazioni che vanno dal riconoscimento facciale alla sicurezza pubblica, fino al controllo della qualità nei processi industriali. Ad esempio, nei settori manifatturiero e automobilistico, i sistemi di visione artificiale monitorano le linee di produzione in tempo reale, identificando automaticamente difetti o anomalie nei prodotti. Inoltre, nella sanità, la visione artificiale applicata alle immagini mediche consente una diagnosi più rapida e accurata, supportando i medici nell'identificazione di patologie complesse.

Rilevamento delle Anomalie

Il rilevamento delle anomalie è cruciale per la cybersicurezza, dove i modelli di AI nel cloud analizzano enormi volumi di dati in tempo reale per identificare attività sospette. Algoritmi avanzati possono rilevare comportamenti anomali nel traffico di rete che potrebbero indicare tentativi di frode o attacchi informatici. Questo approccio permette alle organizzazioni di rispondere immediatamente alle minacce, proteggendo dati sensibili e garantendo la continuità operativa.

2.3 Amazon Web Services (AWS)

Amazon Web Services (AWS) è una delle piattaforme di Cloud Computing più complete e diffuse al mondo. AWS è una sussidiaria di Amazon che fornisce piattaforme di Cloud Computing on-demand e API a individui, aziende e governi, utilizzando un modello di pagamento basato sul consumo (“pay-as-you-go”). AWS offre una vasta gamma di servizi che spaziano dal calcolo all’archiviazione, dal networking ai database, dall’analisi al Machine Learning, dall’Internet of Things (IoT) fino a servizi di Intelligenza Artificiale (AI), e molto altro ancora. L’infrastruttura globale di AWS è progettata per essere sicura, altamente disponibile e scalabile, permettendo alle organizzazioni di sfruttare capacità di calcolo su larga scala in modo più rapido e conveniente rispetto alla costruzione di un proprio data center fisico.

2.3.1 Storia di AWS

L’idea alla base di AWS è nata all’inizio degli anni 2000, quando Amazon decise di costruire una piattaforma di servizi web che offrisse infrastrutture IT su richiesta. La divisione di servizi cloud di Amazon, conosciuta oggi come AWS, è stata lanciata ufficialmente nel 2006. Tra i primi servizi offerti c’erano Amazon Simple Storage Service (S3) e Amazon Elastic Compute Cloud (EC2), che hanno rivoluzionato il modo in cui le applicazioni venivano sviluppate e distribuite.

Amazon S3, lanciato nel marzo 2006, fornisce un servizio di archiviazione di oggetti scalabile, sicuro e duraturo, mentre EC2, lanciato nell’agosto dello stesso anno, offre capacità di calcolo elastica, permettendo agli utenti di creare e gestire macchine virtuali su richiesta. Questi servizi hanno permesso agli sviluppatori di concentrarsi sull’innovazione piuttosto che sulla gestione dell’infrastruttura, contribuendo notevolmente alla rapida adozione del Cloud Computing.

AWS è cresciuto rapidamente, aggiungendo nuovi servizi e migliorando continuamente la sua infrastruttura. Nel 2010, Amazon ha migrato tutti i suoi siti retail su AWS, dimostrando la maturità e l’affidabilità della piattaforma. Oggi, AWS è uno dei principali fornitori di servizi cloud al mondo, con una quota di mercato del 33% nel primo trimestre del 2024.

2.3.2 Servizi principali di AWS

AWS comprende oltre 200 prodotti e servizi, che coprono una vasta gamma di esigenze tecnologiche. Tra i servizi più popolari e utilizzati si trovano:

- *Amazon Elastic Compute Cloud (EC2)*: fornisce capacità di calcolo scalabile su richiesta, consentendo agli utenti di eseguire applicazioni su macchine virtuali in base alle necessità del carico di lavoro.
- *Amazon Simple Storage Service (S3)*: è un servizio di archiviazione di oggetti che offre capacità scalabile e sicura per memorizzare e recuperare qualsiasi quantità di dati in qualsiasi momento.
- *AWS Lambda*: è un servizio di calcolo serverless che consente di eseguire codice in risposta a eventi senza dover gestire server.
- *Amazon RDS (Relational Database Service)*: è un servizio gestito che facilita la configurazione, il funzionamento e la scalabilità di database relazionali nel cloud.
- *Amazon SageMaker*: è un servizio completamente gestito che permette agli sviluppatori e ai data scientist di costruire, addestrare e distribuire modelli di Machine Learning in modo rapido e sicuro.

- *Amazon DynamoDB*: Un servizio di database NoSQL completamente gestito, noto per la sua scalabilità e le prestazioni elevate, che consente di gestire grandi volumi di dati con latenza minima.

2.3.3 Architettura globale e scalabilità

AWS opera in tutto il mondo attraverso una rete di data center che si estende su 108 zone di disponibilità in 34 regioni geografiche, con piani annunciati per altre 18 zone di disponibilità e altre sei Regioni. Le zone di disponibilità sono progettate per essere isolate l'una dall'altra, garantendo che le applicazioni possano essere altamente disponibili e resilienti a guasti locali.

Inoltre, AWS offre funzionalità avanzate per la scalabilità e la gestione del carico di lavoro, come *Auto Scaling*, che permette di adattare automaticamente le risorse in base alle esigenze del traffico, ed *Elastic Load Balancing*, che distribuisce il traffico in modo uniforme tra le risorse disponibili.

2.4 Google Cloud Platform (GCP)

Google Cloud Platform (GCP) è una suite di servizi di Cloud Computing offerti da Google, che include una serie di servizi modulari per il calcolo, l'archiviazione dei dati, l'analisi dei dati, il Machine Learning, e molti altri strumenti di gestione. GCP si distingue per la sua capacità di operare sulla stessa infrastruttura utilizzata internamente da Google per i suoi prodotti di punta come Google Search, Gmail e Google Docs. La piattaforma fornisce risorse in modalità IaaS e PaaS e ambienti di calcolo serverless, fornendo, così, una gamma completa di soluzioni per sviluppatori e aziende di ogni dimensione.

Google Cloud Platform fa parte del più ampio ecosistema di Google Cloud, che include anche Google Workspace (precedentemente noto come G Suite), versioni enterprise di Android e ChromeOS, e API per il Machine Learning e i servizi di mappatura aziendale.

2.4.1 Storia di GCP

Google ha fatto il suo ingresso nel mondo del Cloud Computing nel 2008, con il lancio di Google App Engine, una piattaforma per lo sviluppo e l'hosting di applicazioni web nei data center gestiti da Google. Questo fu il primo servizio cloud offerto dall'azienda e divenne generalmente disponibile nel novembre del 2011. Da allora, Google ha continuamente ampliato e migliorato la sua offerta cloud, aggiungendo numerosi servizi innovativi alla piattaforma.

Uno dei momenti chiave nella storia di GCP è stato il lancio, nel 2012, di Google Compute Engine, un servizio che offre macchine virtuali su richiesta, paragonabile ad Amazon EC2. Questo è stato seguito da altri servizi cruciali, come Google Cloud Storage, BigQuery e Cloud SQL. Questi servizi hanno contribuito a rendere GCP una piattaforma potente e versatile per il calcolo e l'analisi dei dati.

Nel corso degli anni, GCP ha guadagnato terreno nel mercato del Cloud Computing, diventando uno dei principali concorrenti di Amazon Web Services e Microsoft Azure. A partire dal primo trimestre del 2024, GCP detiene una quota di mercato dell'11% nel settore dell'infrastruttura cloud, continuando a espandersi e a innovare.

2.4.2 Servizi principali di GCP

Google Cloud Platform offre oltre 100 prodotti e servizi, che coprono un'ampia gamma di necessità tecnologiche. Tra i servizi più popolari e utilizzati si trovano:

- *Google Compute Engine*: fornisce capacità di calcolo scalabile sotto forma di macchine virtuali gestite, eseguibili su Linux o Windows.
- *Google Kubernetes Engine (GKE)*: è un servizio di gestione dei container basato su Kubernetes, che permette di orchestrare cluster di container in modo semplice e scalabile.
- *Google Cloud Storage*: è un servizio di archiviazione di oggetti che offre una capacità di storage scalabile e sicura, con caching integrato ai bordi per migliorare le prestazioni.
- *BigQuery*: è un data warehouse aziendale completamente gestito, che consente l'analisi di grandi volumi di dati in modo rapido e scalabile.
- *Cloud Spanner*: è un servizio di database relazionale distribuito globalmente e fortemente consistente, progettato per supportare carichi di lavoro mission-critical.
- *Cloud Functions*: è un servizio serverless che permette di eseguire codice in risposta a eventi senza dover gestire l'infrastruttura sottostante.
- *Cloud AI*: è una suite di servizi di Intelligenza Artificiale, tra cui strumenti per il Machine Learning, la visione artificiale e l'elaborazione del linguaggio naturale.

2.4.3 Architettura globale e scalabilità

Google Cloud Platform opera in tutto il mondo attraverso una rete di regioni e zone, progettate per garantire alta disponibilità, ridondanza e sicurezza. A partire dal primo trimestre del 2024, GCP è disponibile in 40 regioni geografiche, ciascuna delle quali è suddivisa in più zone di disponibilità. Queste zone sono isolate tra loro per evitare che guasti locali possano compromettere l'intera regione, offrendo così un'elevata resilienza e continuità operativa.

GCP offre diverse funzionalità avanzate per la gestione del carico di lavoro e la scalabilità automatica, come il *Cloud Load Balancing*, che distribuisce automaticamente il traffico in entrata tra più istanze, e l'*Auto Scaling*, che regola dinamicamente le risorse in base alla domanda.

2.5 Confronto tra AWS e Google Cloud Platform

Amazon Web Services (AWS) e Google Cloud Platform (GCP) rappresentano due dei principali attori nel mercato globale dei servizi cloud. Entrambe le piattaforme offrono un'ampia gamma di servizi e soluzioni, ma si distinguono per diverse caratteristiche, punti di forza e strategie di mercato. Di seguito vediamo le principali differenze tra le due infrastrutture.

1. Rete Globale e Infrastruttura dei Data Center

- *AWS*: gestisce una delle reti di data center più estese al mondo, con oltre 200 data center distribuiti in numerose regioni geografiche, tra cui Nord America, Europa, Asia, Australia e Sud America. Ogni regione AWS è composta da più zone di disponibilità, che sono data center fisicamente separati ma connessi tra loro tramite reti ad alta velocità e ridondanza. La presenza globale di AWS permette alle aziende di distribuire risorse in prossimità degli utenti finali, riducendo la latenza e migliorando le prestazioni delle applicazioni.

- *GCP*: dispone di data center strategicamente posizionati in diverse regioni del mondo, coprendo Nord America, Europa, Asia, Australia e Sud America. Sebbene *GCP* abbia un numero inferiore di data center rispetto ad *AWS*, la piattaforma è rinomata per la sua rete ad alte prestazioni e per la bassa latenza, grazie all'ottimizzazione della rete globale di Google.

2. Investimenti nell'Intelligenza Artificiale

- *AWS*: ha sviluppato la piattaforma Bedrock, che offre modelli di AI e API per consentire alle aziende di creare i propri modelli fondamentali su infrastrutture cloud. L'investimento in AI è parte integrante della strategia di *AWS* per mantenere la leadership nel mercato.
- *GCP*: ha integrato AI generativa in prodotti di successo, come Google Search e Google Workspace, offrendo funzionalità avanzate che attirano un'ampia base di utenti. Le soluzioni AI generative di *GCP* sono state un fattore chiave nella sua crescita recente.

3. Servizi Offerti e Capacità

- *AWS*: offre una vasta gamma di servizi cloud, inclusi calcolo (EC2), archiviazione (S3), networking, database, Machine Learning e Intelligenza Artificiale. EC2 fornisce diverse tipologie di istanze, ottimizzate per carichi di lavoro generali, che necessitano di molta memoria, e potenziati da GPU. *AWS Lambda* permette, inoltre, l'esecuzione di codice senza dover gestire server, facilitando lo sviluppo di applicazioni serverless.
- *GCP*: fornisce servizi cloud completi, tra cui Google Compute Engine per il calcolo, che offre istanze di macchine virtuali personalizzabili. *GCP* eccelle anche nel Machine Learning e nei big data, con strumenti come TensorFlow e BigQuery, che permettono analisi in tempo reale di grandi volumi di dati. Google Cloud Functions consente lo sviluppo di applicazioni serverless in modo simile ad *AWS Lambda*.

4. Modelli di Prezzo e Costi

- *AWS*: utilizza un modello pay-as-you-go con varie opzioni di istanza e piani di risparmio, come le Reserved Instance e i Savings Plan, che offrono sconti per impegni a lungo termine. I costi di archiviazione dipendono dalla capacità e dai modelli di accesso, mentre i costi di trasferimento dei dati sono generalmente basati sul volume e sulla regione.
- *GCP*: adotta un modello di prezzo simile, con macchine virtuali personalizzabili e sconti disponibili tramite i Committed Use Contract, che offrono riduzioni dei costi per impegni di uno o tre anni. I costi di trasferimento dei dati variano in base alla quantità di dati trasferiti e alla regione, con un pricing generalmente competitivo.

5. Casi d'Uso e Applicazioni Ideali

- *AWS*: è ideale per aziende che necessitano di una copertura globale e di una vasta gamma di servizi per supportare applicazioni mission-critical, big data, AI, e IoT. La sua scalabilità e flessibilità lo rendono adatto a una varietà di settori, inclusi il commercio elettronico, i servizi finanziari e la sanità.

- *GCP*: è particolarmente adatto per aziende che si concentrano su analytics, big data e Machine Learning. È una scelta eccellente per chi cerca prestazioni elevate e bassa latenza, oltre a strumenti avanzati per la gestione e l'analisi di grandi volumi di dati, rendendolo ideale per settori come la tecnologia, la ricerca e il marketing digitale.

6. *Caratteristiche Uniche e Vantaggi*

- *AWS*: è conosciuto per la sua vasta gamma di servizi e per la maturità della sua piattaforma, con un ecosistema robusto che supporta praticamente qualsiasi esigenza aziendale. L'ampia comunità di utenti e il supporto esteso offerto da *AWS*, insieme alla sua capacità di scalare a livello globale, lo rendono la scelta preferita per le grandi imprese.
- *GCP*: si distingue per la sua eccellenza nella gestione dei dati e nella connettività di rete, con una rete globale ottimizzata per bassa latenza e alta velocità di trasferimento dati. L'integrazione nativa con gli strumenti di Google, come BigQuery e TensorFlow, offre un vantaggio significativo per le aziende che necessitano di potenti capacità di analisi dei dati e Machine Learning.

7. *Partner Ecosystem*

- *AWS*: ha recentemente aggiornato il suo ecosistema di partner per renderlo più accessibile e vantaggioso, offrendo supporto tecnico avanzato, sconti per i Managed Service Provider (MSP) e requisiti ridotti per i partner di servizio. Queste modifiche sono mirate a rafforzare l'ecosistema di *AWS* e a favorire l'innovazione tramite la collaborazione con partner esterni.
- *GCP*: ha lanciato nuove offerte private per il canale tramite Google Cloud Marketplace, che semplificano le transazioni per soluzioni di terze parti. Questo consente ai partner di gestire completamente le relazioni con i clienti, dalla fatturazione al riconoscimento delle entrate. *GCP* punta a espandere il suo ecosistema di partner per accelerare l'adozione delle sue soluzioni cloud.

Confronto relativo all'estrazione di testi nelle immagini

Il riconoscimento ottico dei caratteri (Optical Character Recognition - OCR) ha acquisito un'importanza crescente come tecnologia fondamentale per la digitalizzazione e l'elaborazione automatizzata dei testi. Questa tecnologia è diventata essenziale per trasformare documenti fisici e contenuti visivi in dati digitali strutturati, semplificando la gestione e l'analisi delle informazioni. In questo capitolo ci concentreremo sull'analisi delle capacità di riconoscimento del testo offerte da due delle principali piattaforme di Intelligenza Artificiale, ovvero Amazon Rekognition e Google Cloud Vision. Dopo aver introdotto le due piattaforme e le caratteristiche principali di ognuna, l'obiettivo sarà valutare le prestazioni di questi servizi avanzati nell'identificare e interpretare testi presenti in immagini complesse, come murali artistici, loghi stilizzati e contenuti pubblicitari con formati e stili variabili. Attraverso un confronto dettagliato dei risultati ottenuti dalle due piattaforme metteremo in luce i punti di forza e le limitazioni di ciascuna nel contesto del riconoscimento del testo. Questa valutazione critico-comparativa offrirà una panoramica approfondita delle capacità e delle prestazioni di Amazon Rekognition e Google Cloud Vision.

3.1 Introduzione al Riconoscimento Ottico dei Caratteri

3.1.1 Definizione e storia dell'OCR

Il Riconoscimento Ottico dei Caratteri (OCR) è il processo che consente di convertire un'immagine di testo in dati leggibili da un computer. Storicamente, l'OCR ha avuto origine con sistemi meccanici, ma con l'evoluzione dell'informatica e delle reti neurali, si è trasformato in una delle applicazioni chiave dell'Intelligenza Artificiale (IA). Le moderne tecniche di Machine Learning e Deep Learning hanno migliorato notevolmente la capacità di OCR, permettendo una maggiore accuratezza nel riconoscimento di testi complessi e stilizzati.

3.1.2 OCR tradizionale vs OCR intelligente basato su IA

Nel metodo tradizionale, l'OCR si basava principalmente su tecniche di pattern matching, dove i caratteri venivano riconosciuti confrontandoli con modelli predefiniti. Questo approccio limitava le applicazioni a testi con font semplici e standardizzati. Tuttavia, con l'integrazione dell'IA e delle reti neurali, l'OCR è diventato molto più potente. Le reti neurali non solo riconoscono i caratteri, ma apprendono dai dati, migliorando continuamente la loro accuratezza. L'Intelligent Character Recognition (ICR), una variante moderna, è in grado di leggere testi complessi, come manoscritti e caratteri stilizzati, rendendo l'OCR basato su

IA applicabile in contesti più ampi e variegati. L'OCR basato su Intelligenza Artificiale si avvale di tecnologie avanzate come il Machine Learning e il Deep Learning per migliorare l'accuratezza e la flessibilità nell'estrazione del testo. Il processo di OCR si divide in più fasi:

- *Acquisizione dell'immagine*: un dispositivo come uno scanner o una fotocamera cattura l'immagine, che viene quindi convertita in dati binari.
- *Pre-elaborazione*: vengono eseguiti processi di pulizia dell'immagine, come il raddrizzamento, la smacchiatura e la rimozione di artefatti per migliorare la qualità dell'analisi.
- *Riconoscimento del testo*: algoritmi basati su pattern matching o estrazione di feature analizzano l'immagine. Gli approcci basati su IA, come le reti neurali convoluzionali (CNN), esaminano i pixel per riconoscere i caratteri, mentre le reti ricorrenti (RNN) o LSTM gestiscono la comprensione del contesto e della sequenza del testo.
- *Post-elaborazione*: il testo estratto viene convertito in dati digitali, che possono essere elaborati ulteriormente.

La potenza dell'IA nell'OCR risiede nella capacità di adattarsi a font stilizzati, scritture a mano libera e formati di documenti non standard, garantendo una maggiore accuratezza rispetto ai metodi tradizionali.

3.1.3 Applicazioni dell'OCR in settori chiave

L'OCR ha rivoluzionato molti settori, migliorando l'efficienza operativa e riducendo il lavoro manuale. Alcuni esempi includono:

- *Finanza*: l'OCR è utilizzato per l'elaborazione di assegni, documenti di prestito e fatture. Ad esempio, Google Cloud Vision è stato impiegato per digitalizzare migliaia di documenti finanziari per migliorare la gestione dei dati.
- *Sanità*: la digitalizzazione delle cartelle cliniche consente di gestire e ricercare le informazioni sui pazienti in modo rapido, migliorando l'efficienza del trattamento.
- *Logistica*: le aziende utilizzano l'OCR per tracciare le etichette dei pacchi e automatizzare la gestione delle spedizioni, migliorando la precisione e riducendo i costi.

3.2 Amazon Rekognition: Funzionamento e Caratteristiche

Amazon Rekognition è un servizio di visione artificiale basato su Intelligenza Artificiale che consente l'analisi automatizzata di immagini e video. Con funzionalità avanzate di Machine Learning è in grado di gestire operazioni di rilevamento del testo, riconoscimento facciale, etichettatura di immagini e moderazione dei contenuti. Inoltre, offre scalabilità e integrazione con altri servizi AWS, diventando una soluzione versatile per applicazioni in vari settori. Di seguito vengono descritte le principali funzionalità di Amazon Rekognition.

3.2.1 Servizi di Amazon Rekognition

Amazon Rekognition è in grado di analizzare milioni di immagini e video in tempi molto rapidi, integrando l'Intelligenza Artificiale per supportare e migliorare i processi di revisione visiva umana. Le sue API permettono di estrarre testo non solo da immagini, ma anche da video, consentendo il riconoscimento di testi alterati o distorti. Questa capacità rende tale tool particolarmente efficace nell'estrazione di testo da contesti visivi complessi, come cartelli stradali, post sui social media e imballaggi di prodotti, dove la chiarezza del testo può essere compromessa da fattori esterni.

Rilevamento del testo

Una delle funzionalità principali di Amazon Rekognition è il rilevamento del testo nelle immagini e nei video. Questo servizio è in grado di estrarre testo da cartelli stradali, imballaggi di prodotti, post sui social media e altri contenuti visivi. A differenza dei metodi tradizionali di OCR, Amazon Rekognition utilizza modelli di Machine Learning per riconoscere anche testo alterato o distorto, divenendo particolarmente efficace per situazioni complesse dove il testo non è chiaramente visibile o presenta imperfezioni.

Etichette personalizzate (Custom Labels)

Amazon Rekognition offre la possibilità di addestrare modelli personalizzati per il riconoscimento di oggetti specifici. Con *Custom Labels* le aziende possono sfruttare l'apprendimento automatico per riconoscere loghi, prodotti o altri oggetti di interesse nelle immagini. Questa funzionalità può essere implementata facilmente utilizzando solo 10 immagini per addestrare il modello, grazie all'approccio AutoML.

Riconoscimento Facciale e Analisi dei Volti

Un'altra funzionalità avanzata di Amazon Rekognition è il rilevamento e l'analisi facciale. Il servizio può riconoscere volti nelle immagini o nei video, determinando attributi come espressioni facciali, presenza di occhiali, barba o baffi, e lo stato degli occhi (aperti o chiusi). Questa funzionalità è utilizzata in applicazioni come la verifica dell'identità online, il controllo degli accessi e la moderazione dei contenuti visivi. Oltre al riconoscimento facciale, Amazon Rekognition permette anche di effettuare il confronto facciale, valutando la somiglianza di un volto con un'altra immagine o con un database di immagini privato.

Riconoscimento di volti celebri

Amazon Rekognition è in grado di identificare volti di personaggi noti, consentendo alle aziende di catalogare automaticamente foto e video per applicazioni come la gestione di media e il marketing. Questa funzionalità è utile per il riconoscimento in tempo reale o per la categorizzazione di grandi archivi visivi contenenti volti di celebrità.

Scalabilità e integrazione con altri servizi AWS

Amazon Rekognition è progettato per gestire volumi elevati di dati visivi, divenendo ideale per aziende che devono analizzare milioni di immagini o flussi video. Il servizio si integra perfettamente con altri strumenti AWS, come *Amazon S3*, per l'archiviazione dei dati, *Amazon SNS*, per l'invio di notifiche, e *AWS Lambda*, per l'esecuzione di funzioni serverless basate sugli eventi riconosciuti. Questa capacità di integrazione consente di costruire pipeline automatizzate che possono essere scalate in base alle necessità aziendali.

Moderazione dei contenuti

Amazon Rekognition offre anche strumenti per la moderazione dei contenuti, che consentono di identificare automaticamente immagini o video con contenuti inappropriati o non sicuri. Ciò può includere il rilevamento di nudità, violenza o altri contenuti sensibili, supportando applicazioni come piattaforme social e siti di condivisione di contenuti. Le aziende possono configurare regole personalizzate per definire standard di moderazione basati sulle loro politiche interne.

3.2.2 Rilevamento del Testo con Amazon Rekognition

Amazon Rekognition offre la funzionalità Text Detection, che consente di rilevare e riconoscere testo in immagini e video, come nomi di strade, sottotitoli e targhe. Il rilevamento avviene tramite l'API DetectText, che identifica parole e righe, restituendo i risultati con un punteggio di affidabilità e informazioni sulla posizione del testo nell'immagine. Il testo può essere elaborato da immagini in formato JPEG o PNG, oppure da video.

Le operazioni di Text Detection supportano la maggior parte dei font, anche quelli stilizzati, e possono rilevare fino a 100 parole per immagine o fotogramma video. Il testo può essere ruotato fino a ± 90 gradi rispetto all'asse orizzontale.

Per restringere il campo di rilevamento, è possibile applicare filtri che limitano il rilevamento a regioni specifiche dell'immagine, basate su coordinate di interesse, o impostare soglie minime per l'affidabilità e le dimensioni delle cornici di rilevamento.

Oltre a restituire il testo rilevato, l'API fornisce informazioni sulle relazioni tra parole e righe, la posizione del testo tramite bounding box e poligoni, e il grado di affidabilità del rilevamento.

3.3 Google Cloud Vision: Funzionamento e Caratteristiche

Google Cloud Vision AI è un servizio basato su Intelligenza Artificiale che offre funzionalità avanzate di visione artificiale, consentendo l'analisi automatica di immagini per riconoscere oggetti, testi, volti, e per categorizzare contenuti visivi. Il servizio si basa su modelli di Machine Learning pre-addestrati e API semplici da utilizzare, permettendo alle aziende di integrare capacità di visione artificiale nelle proprie applicazioni senza la necessità di costruire modelli complessi da zero. Di seguito vengono descritte le principali funzionalità di Google Cloud Vision.

3.3.1 Servizi di Google Cloud Vision

Google Cloud Vision offre un'ampia gamma di funzionalità per analizzare immagini e video, semplificando l'estrazione di informazioni e la categorizzazione di contenuti visivi. Tramite le sue API, Google Cloud Vision permette di rilevare testi, volti, oggetti e di moderare contenuti in base a specifici criteri. Le sue capacità sono scalabili e si integrano perfettamente con altri servizi di Google Cloud, offrendo una soluzione flessibile per una vasta gamma di applicazioni.

Rilevamento del testo (OCR)

Una delle funzionalità più potenti di Google Cloud Vision è l'OCR, che permette di rilevare e riconoscere testo in immagini e documenti scansionati. L'OCR di Google Cloud Vision può essere utilizzato per estrarre testo da una varietà di formati visivi, inclusi cartelli stradali, documenti, post sui social media e imballaggi di prodotti. La funzione supporta un'ampia gamma di lingue e stili di testo, compresi quelli stilizzati o ruotati.

Google Cloud Vision è in grado di rilevare e riconoscere testi in vari layout e formati di immagine, gestendo con facilità testi distorti o parzialmente visibili. Può riconoscere anche testo su superfici complesse o curve, come etichette sui prodotti o segnaletica pubblicitaria. Questa funzionalità è particolarmente utile per automatizzare processi di data entry, per la ricerca visiva e per migliorare l'accessibilità in applicazioni mobili tramite il riconoscimento di segnali stradali e testi visivi.

Etichettatura delle immagini (Label Detection)

Google Cloud Vision è in grado di riconoscere e categorizzare automaticamente oggetti, scene e attività presenti in immagini. Utilizzando l'apprendimento automatico, il servizio può identificare una vasta gamma di oggetti, come veicoli, animali, edifici, cibo, e molte altre categorie. Le immagini vengono analizzate per estrarre informazioni contestuali e per etichettare ogni elemento riconosciuto. Questa capacità è utile per la classificazione automatizzata di grandi archivi visivi o per creare funzioni di ricerca basate su contenuti visivi.

Riconoscimento facciale e analisi dei volti

Google Cloud Vision offre una funzionalità di riconoscimento facciale avanzata, che permette di rilevare volti nelle immagini e di analizzare le espressioni facciali. Questa funzione può rilevare una vasta gamma di attributi facciali, come gioia, tristezza, rabbia e sorpresa, e può anche riconoscere l'orientamento del viso, la presenza di occhiali e l'illuminazione. Il riconoscimento facciale è utilizzato in molte applicazioni, come l'autenticazione degli utenti, la moderazione di contenuti e la gestione di archivi multimediali.

Moderazione dei contenuti

Google Cloud Vision dispone di strumenti di moderazione dei contenuti che consentono di identificare automaticamente immagini inappropriate o contenenti contenuti sensibili. Il sistema è in grado di rilevare nudità, violenza, contenuti espliciti e altri materiali sensibili. Questa funzionalità è ideale per piattaforme social e siti di condivisione di contenuti, dove la moderazione automatica dei contenuti può garantire un ambiente sicuro per gli utenti.

Ricerca di prodotti (Product Search)

Una funzionalità distintiva di Google Cloud Vision è la ricerca di prodotti basata su immagini, utile per le applicazioni di e-commerce. Utilizzando una fotografia di un prodotto, il servizio è in grado di confrontare l'immagine con un catalogo di prodotti e restituire risultati visivamente simili. Ciò è particolarmente vantaggioso per gli utenti che desiderano trovare un prodotto specifico a partire da una semplice immagine, migliorando l'esperienza di acquisto online.

3.3.2 Rilevamento del Testo con Google Cloud Vision

Il servizio di rilevamento del testo di Google Cloud Vision offre potenti funzionalità di OCR (Optical Character Recognition), che permettono di rilevare e riconoscere testo da immagini e documenti scansionati. L'API di Google Cloud Vision è in grado di riconoscere caratteri stampati in diverse lingue e stili, permettendo di estrarre testo da immagini con vari livelli di complessità, come striscioni, cartelli stradali e contenuti promozionali.

Oltre al riconoscimento del testo, Google Cloud Vision restituisce informazioni dettagliate sulla posizione del testo all'interno dell'immagine, utilizzando bounding box per delimitare le aree rilevate. Questa funzionalità è ampiamente utilizzata per automatizzare processi di digitalizzazione e per migliorare l'accessibilità delle applicazioni.

Inoltre, l'API offre la possibilità di restringere l'analisi a determinate regioni dell'immagine e di filtrare i risultati in base alla dimensione e alla qualità del testo rilevato. Il servizio supporta anche testi ruotati o angolati, offrendo una soluzione completa per le necessità di riconoscimento ottico dei caratteri.

3.4 Analisi dei Risultati: Murales, Loghi e Testi Complessi

Abbiamo selezionato una serie di immagini al fine di valutare le capacità di riconoscimento del testo offerte dai servizi Amazon Rekognition e Google Cloud Vision. Le immagini scelte comprendono testi di diversa complessità, con l'obiettivo di testare le prestazioni e l'accuratezza di ciascun servizio. La nostra selezione include immagini che spaziano da testi semplici a contenuti più elaborati, come murales con scritte stilizzate, per fornire una panoramica completa delle capacità di questi strumenti nel trattare vari tipi di testo. Effettueremo un confronto dettagliato dei risultati ottenuti dalle due piattaforme, analizzando le immagini selezionate che rappresentano diverse opere e contesti. Tra queste immagini figurano un celebre murale di Banksy (Figura 3.1), un murale storico situato sul Muro di Berlino (Figura 3.2), un'opera di Dan Flaming con la scritta stilizzata *crocodile* (Figura 3.3), e infine un'immagine pubblicitaria delle Olimpiadi di Parigi 2024 (Figura 3.4).



Figura 3.1: Murale di Banksy

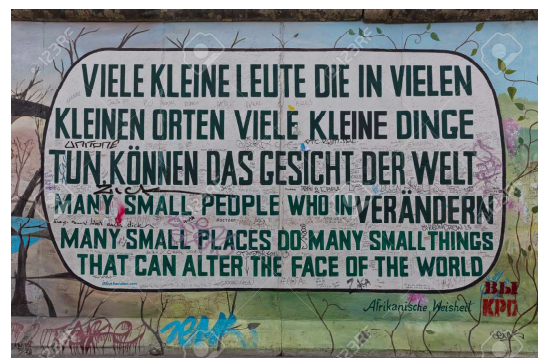


Figura 3.2: Murales Muro di Berlino



Figura 3.3: Opera Word Animals



Figura 3.4: Pubblicità Olimpiadi 2024

Questo confronto permetterà di valutare le capacità di riconoscimento del testo in contesti artistici e stilizzati, così come in ambienti pubblicitari più tradizionali.

3.4.1 Murale di Banksy

- *Testo originale:* "FOLLOW YOUR DREAMS" con la scritta "CANCELLED" sovrapposta.
- *Amazon Rekognition:*
 - *Testo rilevato:* "DREAMS".
 - *Osservazioni:* come evidenziato dalla Figura 3.5, Amazon Rekognition ha identificato solo una parola correttamente, trascurando la maggior parte del testo, inclusa la scritta "CANCELLED".
- *Google Cloud Vision:*

- *Testo rilevato*: “FOLLOW CANCELLED R DREAMS”.
- *Osservazioni*: come evidenziato dalla Figura 3.6, Google Cloud Vision ha identificato correttamente tre delle quattro parole principali, inclusa “CANCELLED”, ma ha introdotto un errore nella lettura con la parola aggiuntiva “R”. Inoltre, i bounding box attorno al testo non risultano del tutto precisi.

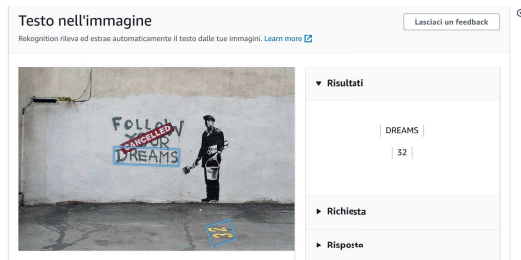


Figura 3.5: Analisi da parte di Amazon Rekognition del Murales di Banksy

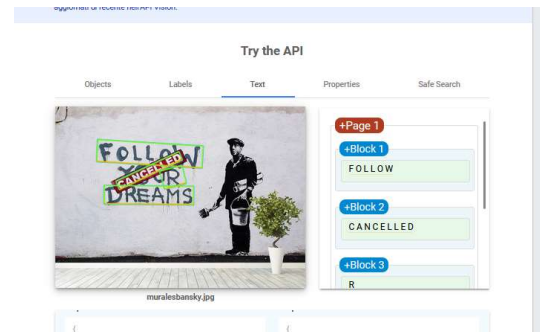


Figura 3.6: Analisi da parte di Google Cloud Vision AI del Murales di Banksy

In sintesi, Google Cloud Vision ha dimostrato una maggiore accuratezza rispetto ad Amazon Rekognition nel riconoscimento delle parole in questo contesto artistico, sebbene entrambe le piattaforme abbiano mostrato limiti nel rilevamento completo e preciso del testo stilizzato presente nell’opera di Banksy.

3.4.2 Murales del Muro di Berlino

- *Testo originale*: “VIELE KLEINE LEUTE DIE IN VIELEN KLEINEN ORTEN VIELE KLEINE DINGE TUN KÖNNEN DAS GESICHT DER WELT VERÄNDERN. MANY SMALL PEOPLE WHO IN MANY SMALL PLACES DO MANY SMALL THINGS THAT CAN ALTER THE FACE OF THE WORLD.”

Nota: sono presenti anche diversi testi non correlati (firme, copyright foto).

- *Amazon Rekognition*:
 - *Testo rilevato e osservazioni*: il testo principale è stato rilevato correttamente, ma come mostrato nella Figura 3.7, è stato suddiviso in più frammenti, complicando la comprensione complessiva del contenuto. Sebbene AWS abbia rilevato alcuni testi non correlati, il numero di errori è inferiore rispetto a quelli riscontrati con Google Cloud Vision.
- *Google Cloud Vision*:
 - *Testo rilevato e Osservazioni*: Google Cloud Vision ha rilevato correttamente il testo principale, suddividendolo in blocchi di testo per riga, facilitando la comprensione complessiva. Tuttavia, come evidente nella Figura 3.8, ha anche rilevato un maggior numero di testi non correlati, inclusi dettagli minori come firme e copyright, rispetto a AWS.

Entrambe le piattaforme hanno rilevato il testo principale del murale, ma con approcci diversi. Amazon Rekognition ha suddiviso il testo in componenti più piccoli, risultando meno fluido e comprensibile. Google Cloud Vision, invece, ha fornito una suddivisione per righe che ha reso il testo più leggibile, sebbene abbia identificato più testi non correlati rispetto a AWS.

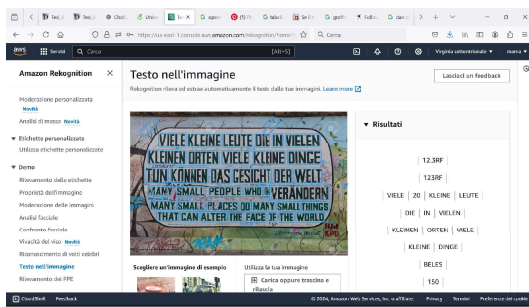


Figura 3.7: Analisi da parte di Amazon Rekognition del murale sul Muro di Berlino

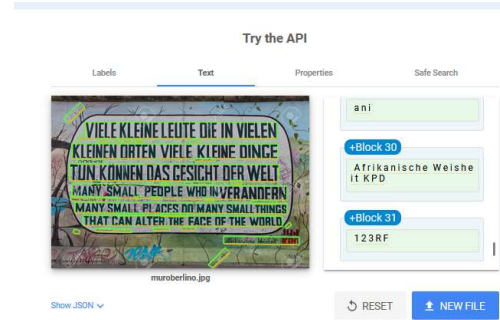


Figura 3.8: Analisi da parte di Google Cloud Vision AI del murale sul Muro di Berlino

3.4.3 Opera Wild Animals

- *Testo fornito: Crocodile (stilizzato)*
- *Amazon Rekognition:*
 - *Testo rilevato:* Nessun testo rilevato.
 - *Osservazioni:* come illustrato in Figura 3.9, AWS non è riuscito a riconoscere alcun testo in questo logo stilizzato.
- *Google Cloud Vision:*
 - *Testo rilevato:* Nessun testo rilevato.
 - *Osservazioni:* come illustrato in Figura 3.10, Google non è riuscito a riconoscere alcun testo in questo logo stilizzato.

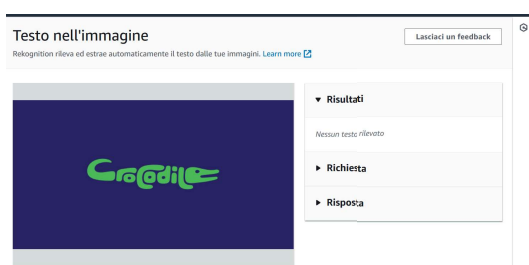


Figura 3.9: Analisi da parte di Amazon Rekognition dell'opera Wild Animals di Dan Flaming.

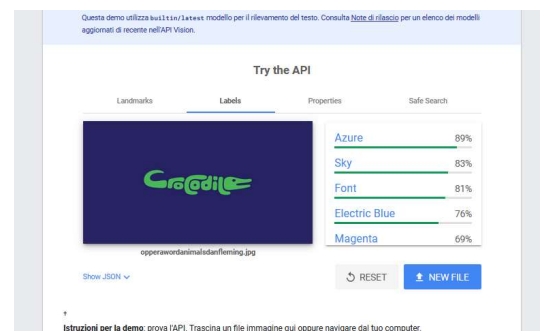


Figura 3.10: Analisi da parte di Google Cloud Vision AI dell'opera Wild Animals di Dan Flaming.

Sia Amazon Rekognition che Google Cloud Vision non sono riusciti a rilevare alcun testo nell'opera Wild Animals di Dan Flaming, probabilmente a causa della stilizzazione del testo *Crocodile*. Questo dimostra come i modelli di riconoscimento del testo possano incontrare difficoltà con loghi o opere artistiche che distorcono le lettere o le integrano in elementi visivi complessi.

3.4.4 Pubblicità Olimpiadi Parigi 2024

- *Testo fornito: “Pronti per Parigi 2024”*
- *Amazon Rekognition:*
 - *Testo rilevato: “Pronti per Parigi 2024”.*
 - *Osservazioni:* come si può vedere nella Figura 3.11 il testo è stato rilevato con successo, ma è stato suddiviso in singoli componenti, caratteristica che lo ha reso poco comprensibile.
- *Google Cloud Vision:*
 - *Testo rilevato “Pronti per Parigi 2024”*
 - *Osservazioni:* come si può vedere nella Figura 3.12 Google ha rilevato con successo il testo, ma con una migliore coesione e disposizione

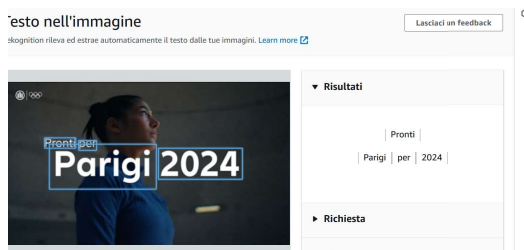


Figura 3.11: Analisi da parte di Amazon Rekognition di uno spot pubblicitario

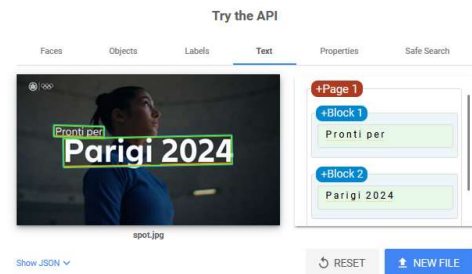


Figura 3.12: Analisi da parte di Google Cloud Vision AI di uno spot pubblicitario

In questa analisi, sia Amazon Rekognition che Google Cloud Vision sono riusciti a rilevare correttamente il testo “Pronti per Parigi 2024” presente nello spot pubblicitario. Tuttavia, vi è una differenza nella qualità del riconoscimento tra i due sistemi: Amazon Rekognition ha suddiviso il testo in singoli componenti, riducendo la coerenza complessiva e rendendo il messaggio meno leggibile nella sua interezza. Questo comportamento potrebbe essere dovuto a una gestione meno efficiente della disposizione grafica del testo all’interno dell’immagine.

3.5 Conclusioni sull’Estrazione di Testi dalle Immagini

Dall’analisi condotta, è emerso che sia Amazon Rekognition che Google Cloud Vision presentano punti di forza e limiti distinti nel riconoscimento del testo in contesti artistici, stilizzati e pubblicitari.

Amazon Rekognition ha mostrato una buona capacità di identificare testi semplici, come nel caso della pubblicità delle Olimpiadi di Parigi 2024. Tuttavia, il suo approccio frammentario nel rilevamento del testo, dove le parole vengono spesso suddivise in singoli componenti, può compromettere la comprensione complessiva del messaggio. Questo limite è particolarmente evidente nei contesti in cui la disposizione grafica e la coerenza del testo sono essenziali per la comunicazione del messaggio.

Google Cloud Vision, d’altra parte, si è dimostrato generalmente più accurato e coerente nel riconoscimento del testo. Ha rilevato correttamente una maggiore quantità di testo, inclusi elementi stilizzati come nel murale di Banksy, e ha fornito un output più coeso e leggibile.

Tuttavia, la maggiore sensibilità di Google Cloud Vision nel rilevare anche testi non correlati, come firme e dettagli minori, può introdurre rumore e richiedere un'ulteriore pulizia manuale dei dati estratti.

In sintesi, Google Cloud Vision si distingue per una maggiore accuratezza e coerenza, mentre Amazon Rekognition offre un riconoscimento accettabile ma meno preciso, con una tendenza a frammentare il testo. Entrambe le piattaforme necessitano di ulteriori miglioramenti per gestire con efficacia testi complessi e stilizzati, specialmente in ambiti artistici e pubblicitari dove la disposizione e lo stile del testo giocano un ruolo cruciale nella comunicazione del messaggio.

Confronto relativo alla Sentiment Analysis

Il riconoscimento e l'analisi automatizzata delle emozioni espresse nei testi sono diventati fondamentali in numerosi ambiti, dall'analisi del feedback dei clienti al monitoraggio della reputazione online. La Sentiment Analysis, o analisi del sentiment, è una tecnologia chiave che consente di comprendere le opinioni espresse in grandi volumi di dati testuali. In questo capitolo, ci concentreremo su due delle principali piattaforme di Intelligenza Artificiale nel campo della Sentiment Analysis, ovvero Amazon Comprehend e Google Cloud Natural Language API. Dopo una breve introduzione delle caratteristiche e delle funzionalità di ciascuna piattaforma, valuteremo le loro prestazioni nell'analizzare semplici testi tratti da un post pubblicato su LinkedIn. Attraverso un'analisi comparativa dei risultati, evidenzieremo le differenze chiave, i punti di forza e le limitazioni di ciascuno strumento. Tale confronto critico permetterà di identificare quale delle due soluzioni offra un'interpretazione più accurata ed efficiente del sentiment espresso nei testi, fornendo un quadro completo delle capacità di Amazon Comprehend e Google Cloud Natural Language.

4.1 Introduzione alla Sentiment Analysis

4.1.1 Definizione e Importanza della Sentiment Analysis

La Sentiment Analysis (nota anche come Opinion Mining) è una tecnica di elaborazione del linguaggio naturale (NLP) utilizzata per identificare e classificare le opinioni espresse in un testo. L'obiettivo principale dell'analisi del sentiment è determinare l'atteggiamento o il sentimento, di un autore nei confronti di un determinato argomento, prodotto o servizio, classificandolo come positivo, negativo o neutro. Le aziende utilizzano questo tipo di analisi per analizzare grandi volumi di dati testuali, come e-mail, recensioni, e commenti sui social media, al fine di comprendere meglio le opinioni dei loro clienti e adattare di conseguenza le loro strategie di mercato.

4.1.2 Processo di Sentiment Analysis

La *Sentiment Analysis* segue generalmente i seguenti cinque passaggi principali:

- **Raccolta dei Dati:** il primo passo consiste nell'identificare e acquisire il testo da analizzare. Questa fase può essere realizzata tramite tecniche di web scraping, utilizzando bot che estraggono informazioni da pagine web, oppure attraverso interfacce di programmazione.

- *Pulizia dei Dati*: una volta raccolti, i dati devono essere elaborati e ripuliti per rimuovere elementi non rilevanti, noti come "rumore di sottofondo". Questo processo, chiamato standardizzazione, include la rimozione di contrazioni, congiunzioni, articoli, segni di punteggiatura, URL, caratteri speciali e lettere maiuscole. L'obiettivo è semplificare il testo, mantenendo solo le informazioni utili per l'analisi del sentiment.
- *Estrazione delle Caratteristiche Salienti*: in questa fase, le caratteristiche salienti del testo vengono estratte utilizzando algoritmi di apprendimento automatico. Questi algoritmi vengono classificati in due gruppi principali (Figura 4.1):
 - *Algoritmi basati su Regole*: l'approccio lexicon-based alla classificazione del sentiment utilizza un dizionario di parole, ciascuna con un valore di sentiment associato, come positivo, negativo o neutro. Il processo prevede la mappatura delle parole del testo al loro valore di sentiment nel lessico, e l'aggregazione di questi valori per determinare il sentiment complessivo del testo. Sebbene sia semplice e facile da applicare, questo metodo può avere difficoltà a gestire il contesto e le sfumature del linguaggio, limitandosi a valutare il sentiment sulla base dei valori predefiniti delle parole, senza considerare il contesto in cui appaiono.
 - *Algoritmi Automatici*: questo approccio prevede l'applicazione di tecniche di apprendimento automatico e di Deep Learning. Attraverso questi algoritmi, vengono rilevate e categorizzate automaticamente le emozioni nei testi. La precisione di questi modelli dipende dalla qualità del dataset di addestramento; dati inaccurati, infatti, possono comprometterne l'efficacia.

Tali approcci possono essere utilizzati individualmente o in combinazione tra loro e sono implementati con algoritmi che riprendono tecniche dell'Intelligenza Artificiale. Vedremo nel prossimo paragrafo alcuni esempi.

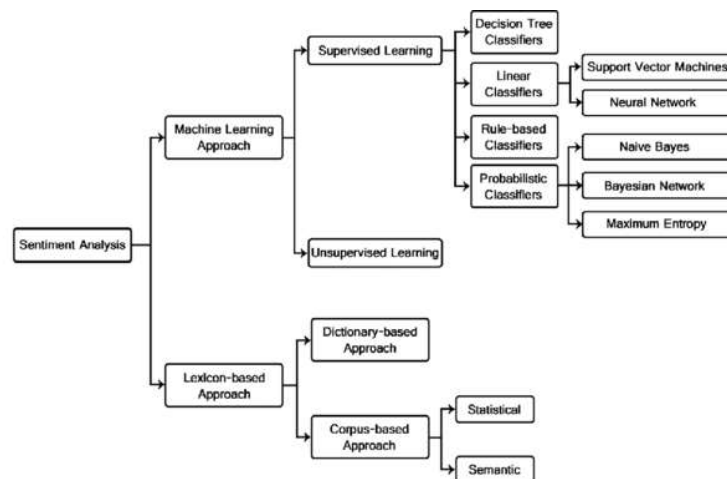


Figura 4.1: Tecniche per la Classificazione del Sentiment

- *Analisi dei Dati*: il modello selezionato viene impiegato per esaminare e interpretare i dati testuali. Questo implica l'uso del modello per identificare e mappare i pattern di sentiment presenti nel testo. Durante questa fase, il modello cerca di riconoscere le tendenze e le emozioni espresse, basandosi sulle regole, sul lessico o su algoritmi di Machine Learning. L'analisi può includere la segmentazione del testo in frasi o parole, l'identificazione di entità e la valutazione di connotazioni linguistiche specifiche.

- *Classificazione del Sentiment*: il testo viene assegnato a una delle categorie di sentiment predeterminate. Questa classificazione si basa sul punteggio di sentiment calcolato dall'analisi. I punteggi di sentiment vengono generalmente suddivisi in:
 - *Positivo*
 - *Negativo*
 - *Neutro*

4.1.3 Algoritmi per la Sentiment Analysis

Vediamo alcuni esempi di metodi di apprendimento in dettaglio:

- *Algoritmi Basati su Regole*:
 - *Dizionari di Sentiment*: i Dizionari di Sentiment utilizzano liste predefinite di parole associate a valori di sentiment, come positivo, negativo o neutro, per valutare il sentiment del testo. Questi dizionari forniscono una base per attribuire punteggi di sentiment alle parole e aggregare tali punteggi al fine di determinare il sentiment complessivo di un documento. Ad esempio:
 - * *SentiWordNet*: si tratta di un dizionario di sentiment che estende WordNet con punteggi di positività, negatività e neutralità per ogni parola, migliorando la capacità di analisi semantica dei testi.
 - * *AFINN*: si tratta di un dizionario che associa punteggi di sentiment alle parole sulla base di una scala numerica, facilitando la quantificazione del sentiment e la sua aggregazione per analisi a livello di documento.
 - *Algoritmi Basati su Pattern*: i Metodi Basati su Pattern applicano regole grammaticali e pattern linguistici specifici per identificare il sentiment nel testo. Tali regole possono includere:
 - * *Pattern di Aggettivi e Avverbi Emotivi*: le regole identificano la presenza e l'intensità di aggettivi e avverbi che esprimono emozioni, come "fantastico", "orribile" o "estremamente felice". Questi pattern aiutano a determinare il tono emotivo del testo.
 - * *Negazioni e Intensificatori*: le regole considerano anche le negazioni (ad esempio, "non buono") e gli intensificatori (ad esempio, "molto cattivo") che modificano il significato dei termini sentimentali. Questo permette di affinare la valutazione del sentiment basandosi su modificatori contestuali.
- *Metodi Automatici*:
 - *Reti Neurali Ricorrenti (RNN)*: le Reti Neurali Ricorrenti sono progettate per elaborare dati sequenziali, come il testo, mantenendo informazioni temporali grazie alle loro connessioni ricorrenti. Ciò consente al modello di "ricordare" le informazioni precedenti e di fare previsioni basate su sequenze di parole. Varianti avanzate come le Long Short-Term Memory (LSTM) e le Gated Recurrent Units (GRU) migliorano le prestazioni delle RNN gestendo meglio le dipendenze a lungo termine.
 - *Reti Neurali Convoluzionali (CNN)*: le Reti Neurali Convoluzionali applicano filtri convoluzionali per estrarre caratteristiche locali dal testo, il che le rende particolarmente efficaci nell'individuare pattern e combinazioni di parole significative. Le CNN elaborano le rappresentazioni testuali, come i word embeddings, per rilevare caratteristiche rilevanti che possono essere utili per la classificazione del sentiment o per altre analisi del testo.

- *Modelli Transformer*: si tratta di modelli che utilizzano meccanismi di attenzione per valutare l'importanza di diverse parole nel testo, consentendo una comprensione più profonda del contesto e delle relazioni tra le parole in una frase. Tale approccio supera le limitazioni delle RNN e delle CNN nella gestione di sequenze lunghe e complesse. Alcuni esempi di modelli Transformer includono:
 - * *BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers)*: BERT utilizza un'architettura bidirezionale di attenzione per catturare il contesto delle parole considerando sia le parole precedenti che quelle successive nella frase. Questo approccio migliora la comprensione semantica e la rilevanza delle parole nel contesto.
 - * *DistilBERT e RoBERTa*: queste sono varianti ottimizzate di BERT. DistilBERT è una versione più compatta e veloce di BERT, mentre RoBERTa è una versione migliorata che utilizza una formazione più approfondita e un corpus più grande per ottenere prestazioni superiori.
- *Metodi Ibridi*: i metodi ibridi combinano approcci basati su regole e metodi automatici per sfruttare i punti di forza di entrambi e migliorare la precisione e l'efficienza dell'analisi del sentiment. Alcuni esempi includono:
 - *Combinazione di Dizionari e Modelli Supervisionati*: in questo approccio, i punteggi di sentiment generati da dizionari predefiniti vengono utilizzati come caratteristiche aggiuntive in modelli di Machine Learning supervisionati. Ciò permette al modello di apprendere dalle regole predefinite e, contemporaneamente, migliorare grazie ai dati di addestramento.
 - *Regole Basate su Pattern con Reti Neurali*: in alcuni casi, le regole grammaticali e i pattern linguistici sono utilizzati per pre-elaborare il testo, identificando componenti cruciali per il sentiment. Successivamente, le caratteristiche estratte vengono inserite in reti neurali per affinare ulteriormente la classificazione e la predizione del sentiment.

4.1.4 Applicazioni della Sentiment Analysis

Le applicazioni della Sentiment Analysis sono numerose e spaziano in vari settori. Nel seguito illustreremo le principali tra esse.

Analisi del Sentiment nelle Recensioni di Prodotti

Le recensioni online dei prodotti sono una fonte preziosa di feedback per le aziende. La Sentiment Analysis consente di estrarre automaticamente il sentiment predominante in queste recensioni, permettendo alle aziende di valutare la percezione dei loro prodotti da parte dei consumatori e di identificare rapidamente eventuali problematiche.

Analisi del Sentiment nei Social Media

I social media rappresentano un'enorme fonte di dati testuali in cui gli utenti esprimono le loro opinioni su una vasta gamma di argomenti. La Sentiment Analysis applicata ai social media aiuta a monitorare la reputazione di un marchio, a identificare tendenze emergenti e ad osservare come il sentiment cambia nel tempo, specialmente in risposta a eventi o campagne specifiche.

Analisi del Sentiment nel Customer Support

Nel customer support, la Sentiment Analysis viene utilizzata per analizzare le interazioni tra clienti e aziende. Questo aiuta a comprendere meglio le esigenze dei clienti, individuare tempestivamente problemi e insoddisfazioni, migliorare la qualità dei servizi e identificare aree di miglioramento. Questa tecnologia aiuta a valutare l'efficacia delle strategie di comunicazione consentendo di adattare per avere un impatto positivo sui clienti.

4.1.5 Sfide nella Sentiment Analysis

Nonostante i notevoli avanzamenti nelle tecnologie di elaborazione del linguaggio naturale (NLP), comprendere le sfumature sottili e la complessità della comunicazione umana continua ad essere una sfida per le macchine. Gli elementi che possono causare interpretazioni errate sono i seguenti:

- *Ambiguità del Linguaggio Naturale*: il linguaggio naturale è intrinsecamente ambiguo e può esprimere sentimenti contrastanti a seconda del contesto. Ad esempio, una frase può sembrare positiva ma in realtà essere sarcastica, rendendo difficile per un algoritmo determinarne correttamente il sentiment.
- *Complessità Linguistica*: lingue diverse e varianti linguistiche (come dialetti o gergo) possono complicare ulteriormente l'analisi del sentiment. I modelli devono essere in grado di gestire queste variazioni per fornire risultati accurati.
- *Dati Rumorosi*: i dati provenienti da fonti come i social media spesso contengono errori grammaticali, abbreviazioni e slang, rendendo difficile l'analisi automatica. La capacità di un modello di Sentiment Analysis di gestire dati rumorosi è cruciale per la sua efficacia.

4.2 Amazon Comprehend

Amazon Comprehend è un servizio di analisi del linguaggio naturale (NLP) basato su cloud, offerto da Amazon Web Services (AWS). Progettato per l'elaborazione di testi non strutturati, Amazon Comprehend consente di estrarre informazioni rilevanti e determinare il sentiment sottostante ai testi. Questo servizio è particolarmente utile per le aziende che desiderano analizzare grandi volumi di dati testuali in modo scalabile e automatizzato.

4.2.1 Funzionamento di Amazon Comprehend

Amazon Comprehend utilizza algoritmi avanzati di Machine Learning, addestrati su ampi set di dati, per comprendere il contenuto e il contesto dei testi. Il processo di analisi avviene attraverso diverse fasi:

- *Pre-elaborazione del Testo*: il testo viene prima preparato attraverso la rimozione di parole non significative (*stop words*), la suddivisione in unità significative (*tokenizzazione*) e la normalizzazione delle forme delle parole. Questa fase è essenziale per migliorare la precisione delle analisi successive.
- *Analisi del Sentiment*: Amazon Comprehend classifica il testo in base al sentimento espresso, distinguendo tra sentimenti *positivi*, *negativi*, *neutri* o *misti*. Ciò viene effettuato attraverso l'uso di modelli di Deep Learning che garantiscono una classificazione precisa.

- *Estrazione delle Entità e dei Temi*: il servizio è in grado di identificare e classificare entità chiave all'interno del testo, come nomi di persone, organizzazioni, luoghi e date. Inoltre, rileva i temi principali di un documento, fornendo una visione d'insieme delle informazioni contenute.
- *Analisi delle Relazioni tra Entità*: Amazon Comprehend rileva e analizza le relazioni tra diverse entità menzionate nel testo, permettendo di comprendere meglio il contesto e le connessioni tra vari elementi, come persone, luoghi e organizzazioni.
- *Output e Interpretazione dei Risultati*: i risultati delle analisi, inclusi i punteggi di sentiment e le entità estratte, vengono forniti in un formato facilmente interpretabile e possono essere integrati nelle applicazioni aziendali per supportare decisioni informate.

4.2.2 Caratteristiche di Amazon Comprehend

Amazon Comprehend offre una vasta gamma di funzionalità, caratteristica che lo rendono uno strumento versatile per l'analisi del linguaggio naturale. Queste sono:

- *Scalabilità e Prestazioni*: essendo un servizio cloud, Amazon Comprehend può scalare automaticamente per gestire grandi volumi di dati, ciò lo rende uno strumento ideale per l'analisi di grandi quantità di testo, come recensioni di prodotti o commenti sui social media.
- *Supporto Multilingue*: il servizio supporta l'analisi del sentiment e l'estrazione delle entità in diverse lingue, tra cui inglese, spagnolo, francese, tedesco, italiano e portoghese, ampliando, così, la sua applicabilità in contesti globali.
- *Integrazione con Altri Servizi AWS*: Amazon Comprehend si integra facilmente con altri servizi AWS, come Amazon S3 per l'archiviazione dei dati e Amazon SageMaker per l'addestramento di modelli personalizzati di Machine Learning, semplificando la costruzione di pipeline di elaborazione dati end-to-end.
- *Sicurezza e Conformità*: il servizio garantisce la sicurezza dei dati con crittografia in transito e a riposo, ed è conforme a diversi standard di sicurezza e privacy, come GDPR e HIPAA.
- *Rilevamento delle Informazioni Personali di Identificazione (PII)*: Amazon Comprehend può identificare e proteggere le informazioni personali di identificazione (PII) nei documenti, aiutando le aziende a conformarsi alle normative sulla privacy e sicurezza dei dati.

4.2.3 Casi d'Uso di Amazon Comprehend

Amazon Comprehend è utilizzato in vari contesti aziendali per estrarre valore dai dati testuali; un elenco di tali contesti è il seguente:

- *Analisi del Sentiment nei Social Media*: monitorare il sentiment nei social media in tempo reale, identificando immediatamente problemi di reputazione o raccogliendo feedback positivo su nuovi prodotti.
- *Customer Support e Analisi del Feedback*: analizzare grandi volumi di feedback dei clienti, come sondaggi e recensioni online, per migliorare i prodotti e servizi in base alle esigenze e alle preferenze dei clienti.

- *Monitoraggio e Rilevamento dei Temi*: rilevare temi principali nelle conversazioni online, come discussioni su nuovi trend o preoccupazioni emergenti, permettendo alle aziende di rispondere prontamente.
- *Analisi di Documenti Legali*: identificare clausole, entità e relazioni chiave nei documenti legali, semplificando la revisione e la comprensione di contratti complessi.

4.3 Google Cloud Natural Language

Google Cloud Natural Language è un servizio di analisi del linguaggio naturale offerto da Google Cloud Platform (GCP). Esso consente alle aziende di estrarre, analizzare e comprendere informazioni dai testi non strutturati, sfruttando la potenza del Machine Learning di Google. Il servizio si distingue per le sue capacità avanzate, la personalizzazione tramite AutoML, e la semplice integrazione con l'infrastruttura GCP.

4.3.1 Funzionamento di Google Cloud Natural Language

Google Cloud Natural Language utilizza algoritmi di Machine Learning sofisticati per interpretare e comprendere il contenuto dei testi. Il servizio è configurato per rispondere a specifiche esigenze aziendali attraverso diverse modalità operative; queste sono:

- *AutoML*: consente di addestrare modelli personalizzati di Machine Learning di alta qualità per la classificazione, l'estrazione e il rilevamento del sentiment senza la necessità di scrivere codice, utilizzando la piattaforma Vertex AI.
- *API Natural Language*: offre agli sviluppatori la possibilità di applicare la comprensione del linguaggio naturale (NLU) alle applicazioni, utilizzando modelli pre-addestrati per l'analisi del sentiment, delle entità e la classificazione dei contenuti.
- *API Healthcare Natural Language*: fornisce analisi avanzate su testi medici non strutturati, estraendo insight medici automatizzati e leggibili per le applicazioni nel settore sanitario e delle scienze biologiche.

4.3.2 API Natural Language

L'API di Natural Language, spesso associata a Google Cloud Natural Language, è un servizio che permette agli sviluppatori di analizzare testi per estrarne informazioni significative utilizzando tecniche di elaborazione del linguaggio naturale (NLP, Natural Language Processing). Si tratta di una tecnologia che consente ai computer di comprendere, interpretare e manipolare il linguaggio umano in modo efficace. Essa è caratterizzata dalle seguenti funzioni:

- *Analisi del Sentiment*: questa funzione permette di determinare il tono emotivo di un testo. Viene utilizzata per capire se un determinato documento o frase esprime emozioni positive, negative o neutre. Il servizio fornisce un punteggio di sentiment che varia da -1.0 (molto negativo) a 1.0 (molto positivo), accompagnato da una misura di magnitudo che indica l'intensità del sentimento espresso.
- *Analisi delle Entità*: questa funzione identifica ed etichetta entità all'interno dei documenti, come persone, organizzazioni, luoghi ed eventi, classificandoli in base al loro tipo.

- *Classificazione dei Contenuti*: questa funzione consente di classificare documenti in oltre 700 categorie predefinite, con la possibilità di creare modelli di classificazione personalizzati tramite AutoML.
- *Supporto Multilingue*: questa funzione supporta l'analisi del testo in numerose lingue, tra cui inglese, spagnolo, francese, cinese, giapponese e altre ancora, con elevata accuratezza anche per lingue meno comuni.

4.3.3 Casi d'Uso di Google Cloud Natural Language

Google Cloud Natural Language è utilizzato in vari settori aziendali per ottenere insight dai testi. Alcuni dei settori in cui viene utilizzato sono i seguenti:

- *Analisi del Sentiment nelle Recensioni dei Clienti*: le aziende possono utilizzare il servizio per analizzare recensioni dei clienti su piattaforme di e-commerce e social media, ottenendo insight strategici per migliorare prodotti e servizi.
- *Monitoraggio dei Media*: il servizio viene utilizzato per monitorare articoli di notizie e contenuti mediatici, fornendo insight su come eventi e tendenze sono percepiti dal pubblico.
- *Customer Support*: il servizio può essere usato per analizzare i messaggi ricevuti dal supporto clienti al fine di determinare il tono del messaggio e indirizzarlo al reparto appropriato.
- *Chatbot*: il servizio migliora la comprensione delle domande degli utenti, identificando sentiment e intenti per fornire risposte più accurate.

4.4 Analisi dei Risultati: post e commenti

È stata condotta un'analisi su testi e commenti estratti da un post pubblicato su LinkedIn utilizzando due tra i principali strumenti di analisi del sentiment disponibili sul mercato: Amazon Comprehend e Google Cloud Natural Language.

L'obiettivo principale di questa ricerca è stato quello di confrontare l'efficacia e le differenze tra i due servizi nell'interpretazione del sentiment, valutando la loro capacità di identificare emozioni positive, negative, neutre o miste nei testi analizzati. Attraverso questa comparazione, sono stati esaminati vari aspetti, come la coerenza dei risultati, la confidenza nelle classificazioni, e la capacità di rilevare la magnitudine emotiva, fornendo una panoramica completa delle prestazioni di entrambi gli strumenti. Nelle Figure 4.2, 4.3 e 4.4 abbiamo lo scambio di commenti scelto per effettuare l'analisi.

Prima di valutare le differenze sui singoli testi analizzati, ricordiamo che quando si confrontano le interpretazioni del sentiment tra Amazon Comprehend e Google Cloud Natural Language, ci sono alcune differenze chiave che possono influenzare l'interpretazione e l'utilizzo dei risultati. Ecco una panoramica delle principali differenze:

1. Tipologie di Sentiment:

- *Amazon Comprehend* classifica il sentiment in quattro categorie: positivo, negativo, neutro e misto. La categoria "mista" è unica e utile per testi con sentimenti contrastanti, ma potrebbe non fornire una visione dettagliata delle sfumature del testo.
- *Google Cloud Natural Language* classifica il sentiment come positivo, negativo o neutro e fornisce un punteggio di sentiment e una magnitudine.



Figura 4.2: Tecniche per la Classificazione del Sentiment

2. Output:

- *Amazon Comprehend* fornisce una percentuale di probabilità per ciascuna categoria di sentiment (ad esempio 70% positivo, 20% neutro, 10% negativo). Questo aiuta a capire il sentiment predominante.
- *Google Cloud Natural Language* fornisce un punteggio di sentiment che va da -1 (negativo) a 1 (positivo), mentre la magnitudine, che misura l'intensità del sentiment, è un valore numerico positivo. In generale, valori più elevati di magnitudine indicano un'intensità maggiore del sentiment nel testo.

3. Interpretazione:

- *Amazon Comprehend* offre una categorizzazione in quattro classi il che consente una visione chiara e semplice del sentiment, che può essere utile per applicazioni che richiedono una classificazione netta. La categoria "mista" potrebbe non fornire dettagli sufficienti sui sentimenti contrastanti all'interno dello stesso testo.
- *Google Cloud Natural Language* offre una combinazione del punteggio di sentiment e della magnitudine che permette una comprensione più fine e dettagliata delle sfumature del sentiment.

Da quello che si evince nella Figura 4.5 e 4.6, entrambi i servizi hanno classificato il testo come prevalentemente neutrale. Amazon Comprehend ha attribuito al testo una percentuale dell'85% di sentiment *neutrale* ed una percentuale del 14% di sentiment *positivo*. Google Cloud Natural Language ha rilevato un sentimento *neutrale* con uno score di 0.247 e una magnitudine di 1.68, suggerendo che, nonostante il sentimento sia neutrale, il testo ha una

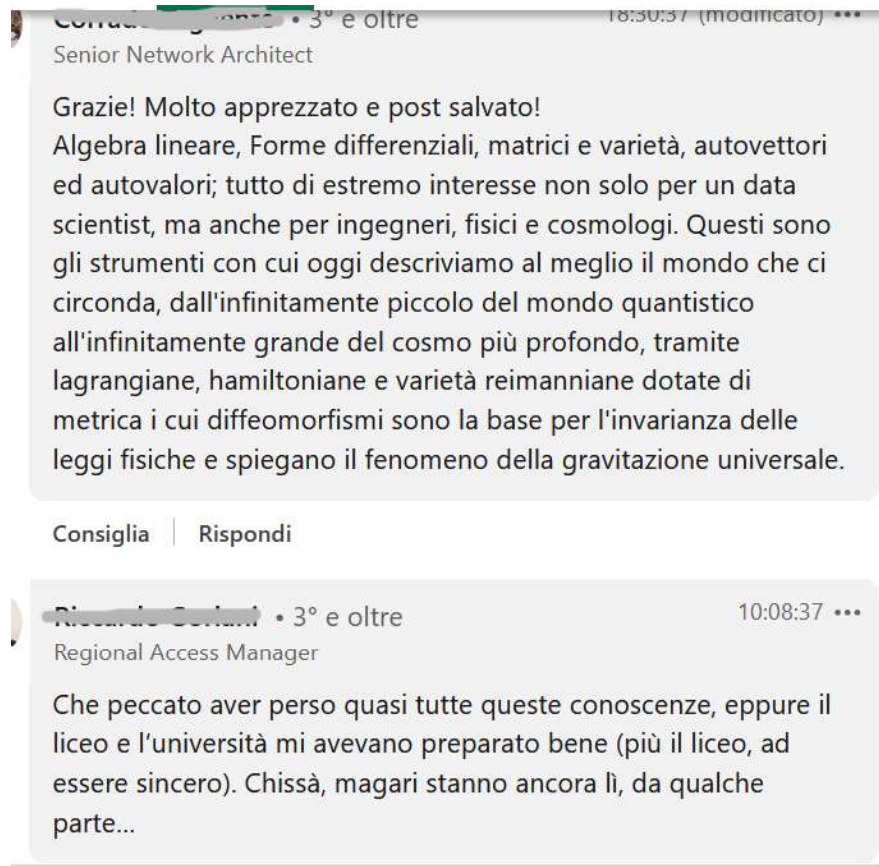


Figura 4.3: Tecniche per la Classificazione del Sentiment

certa intensità emotiva. Inoltre, nell'analisi da parte di Google Cloud Natural Language vediamo che una specifica sezione del testo è stata identificata con un sentiment *positivo*. In conclusione, le analisi dei due servizi sono coerenti tra loro, evidenziando prevalentemente un sentiment neutrale, ma con una piccola componente positiva.

Da quello che si evince nelle Figure 4.7 e 4.8, Amazon Comprehend ha classificato il testo come prevalentemente *positivo* con un'alta confidenza (98%) e *neutrale* con una percentuale dell'1%. Anche il risultato di Google Cloud suggerisce un chiaro predominio di un sentimento *positivo* con un'indice di score di 0.483 ed una magnitudine di 2.391

Come mostrato nelle Figure 4.9 e 4.10, Amazon Comprehend ha classificato il testo come prevalentemente *negativo* con un'alta confidenza (98%). Google Cloud Natural Language ha rilevato un sentimento *neutrale* con uno score di -0.174 e una magnitudine di 0.893, suggerendo che l'intensità emotiva del testo è significativa. Google Cloud ha inoltre rilevato che una specifica sezione del testo è stata identificata con un sentiment *negativo*.

Vediamo nella Figura 4.11 che Amazon Comprehend ha classificato il testo come *misto* con una confidenza del 99%, mentre come mostra la Figura 4.12, Google Cloud ha suggerito un leggero sentimento *neutrale* (-0.017) con magnitudine pari a 0.972.

Nella Figura 4.13 notiamo che Amazon Comprehend ha classificato il testo come *negativo* con una confidenza del 99%; nella Figura 4.14 vediamo che anche Google Cloud ha suggerito un sentimento *negativo* e una magnitudine di 1.915, indicando un'emozione negativa abbastanza intensa nel testo.

Nella Figura 4.15, invece, notiamo che Amazon Comprehend ha classificato il testo come *positivo* con una confidenza del 98%; Google Cloud, come mostrato in Figura 4.16, ha suggerito un sentimento *positivo*, con uno score di 0.485 ed una magnitudine di 1.212.

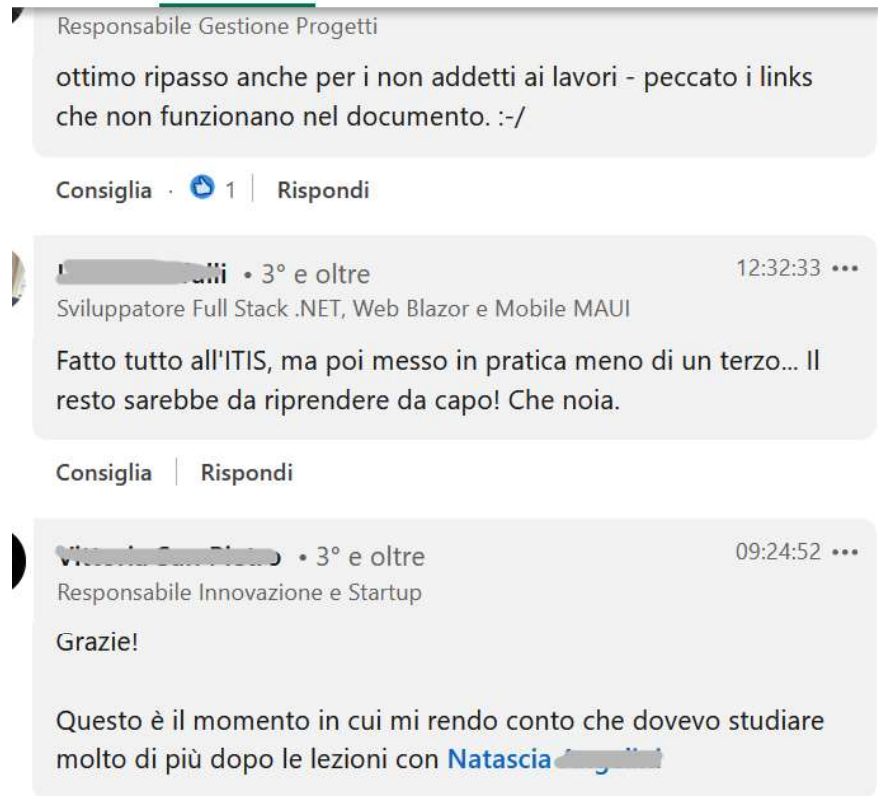


Figura 4.4: Tecniche per la Classificazione del Sentiment

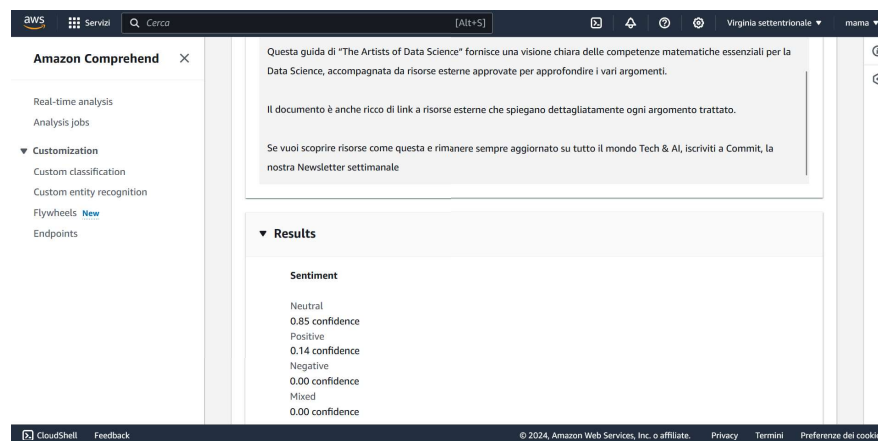


Figura 4.5: Analisi da parte di Amazon Comprehend per il primo testo

4.5 Conclusioni sul Confronto dell'Analisi del Sentiment

Dall'analisi condotta è emerso che Amazon Comprehend fornisce una classificazione chiara e netta del sentiment predominante (positivo, negativo, neutro, misto). Ciò è utile per ottenere una visione generale del sentiment espresso in un testo. Google Cloud Natural Language offre non solo una classificazione del sentiment con relativo punteggio numerico ma anche una magnitudine, che fornisce ulteriori dettagli sull'intensità del sentimento. Inoltre, è utile ricordare che Google Cloud non si limita a valutare il sentiment complessivo del testo, ma permette anche di analizzare il sentiment a livello di singole frasi. Ciò consente di cogliere eventuali variazioni di tono emotivo all'interno del testo, fornendo una granularità maggiore

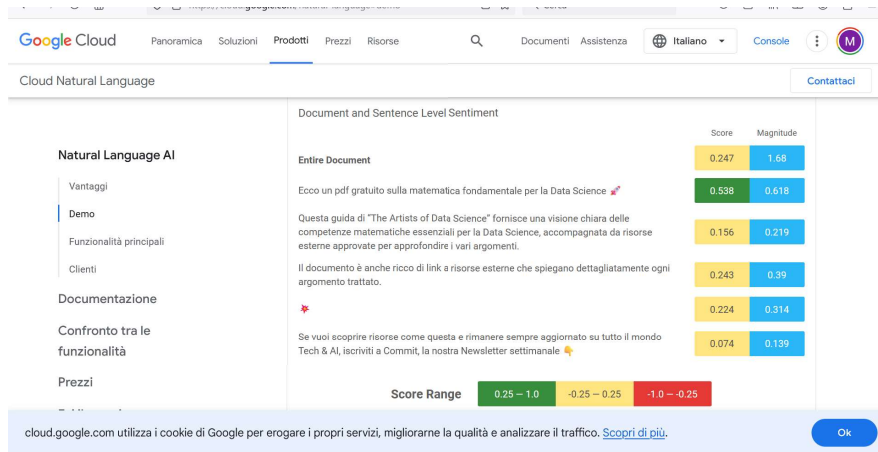


Figura 4.6: Analisi da parte di Google Cloud Vision per il primo testo

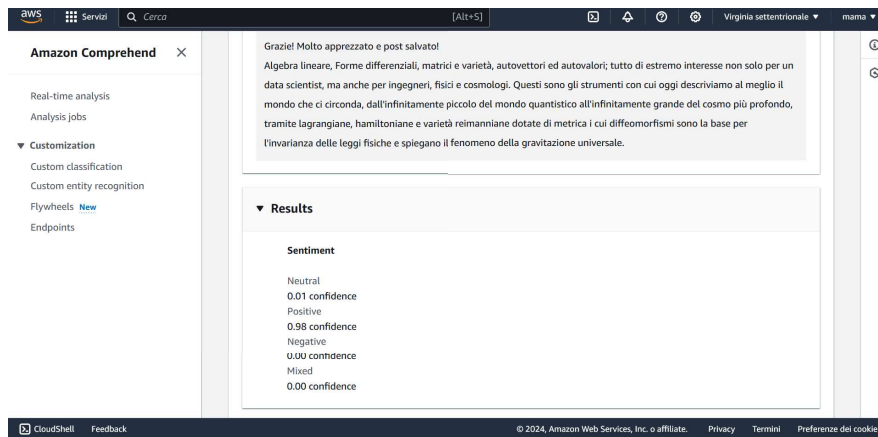


Figura 4.7: Analisi da parte di Amazon Comprehend per il secondo testo

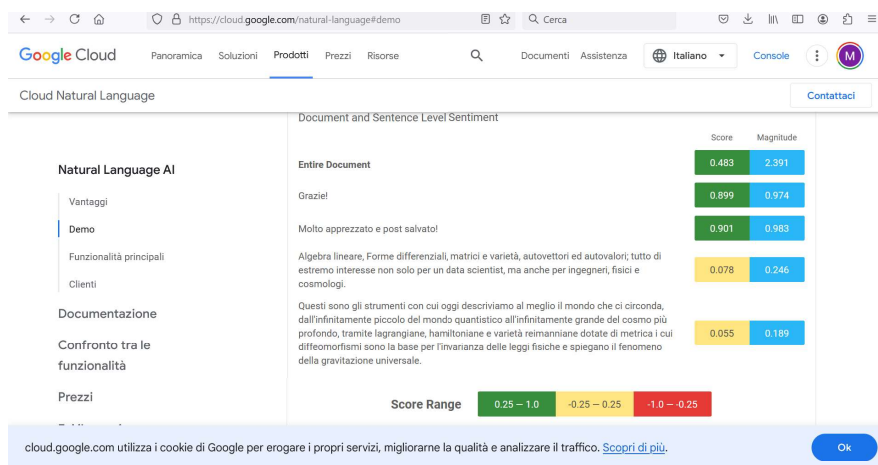


Figura 4.8: Analisi da parte di Google Cloud Vision per il secondo testo

nell'analisi rispetto a una semplice valutazione globale.

In particolare, notiamo i risultati ottenuti nei due casi di testi che esprimono un sentiment *positivo*.

Amazon Comprehend, in entrambi i casi (Figura 4.7 e Figura 4.15), classifica il testo come positivo con una confidenza del 98%, offrendo una valutazione netta e chiara del sentiment.

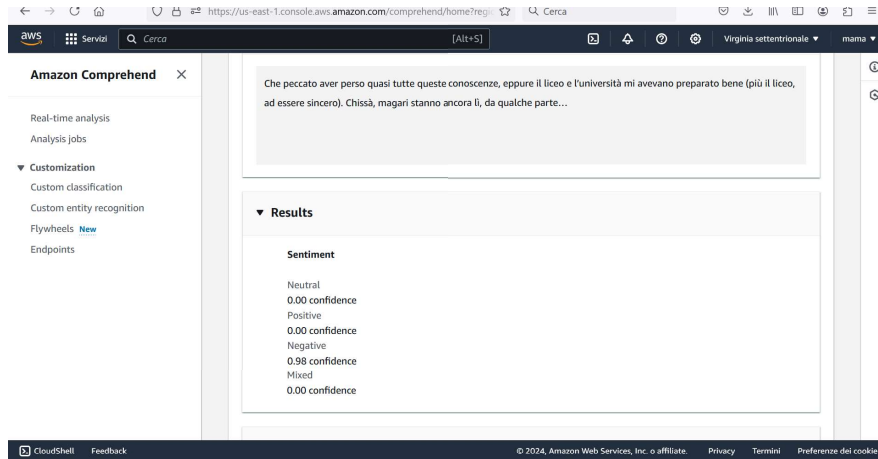


Figura 4.9: Analisi da parte di Amazon Comprehend per il terzo testo

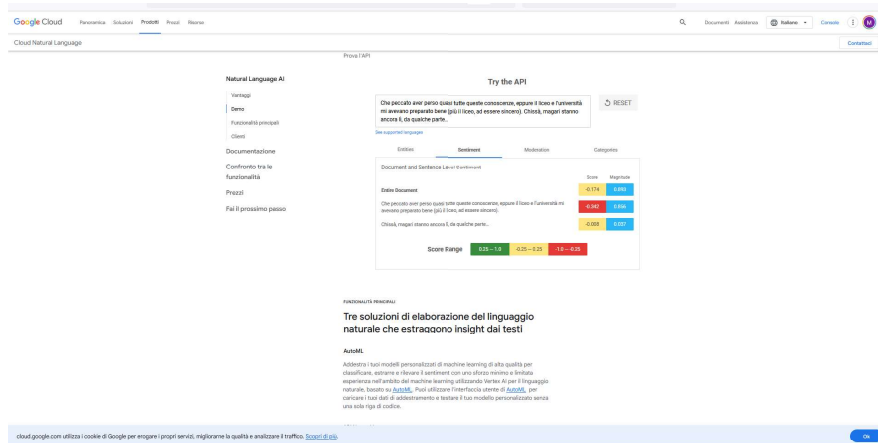


Figura 4.10: Analisi da parte di Google Cloud Vision per il terzo testo

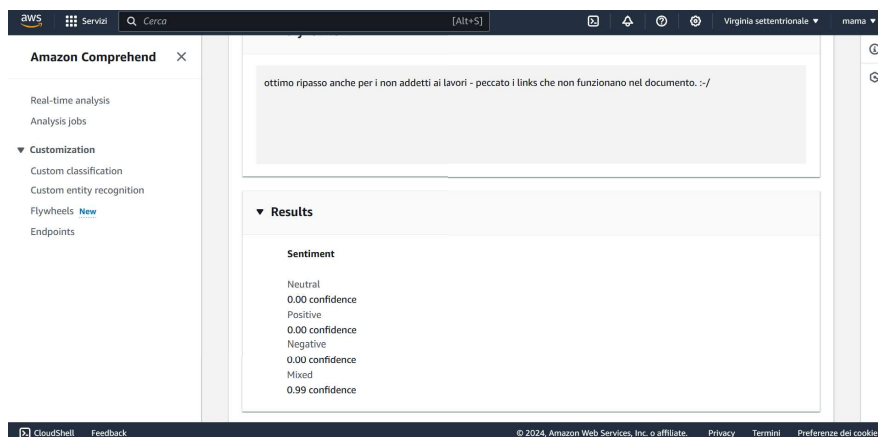


Figura 4.11: Analisi da parte di Amazon Comprehend per il quarto testo

D'altra parte, Google Cloud Natural Language (Figura 4.8 e Figura 4.16), pur rilevando uno score di positività molto simile nei due casi (0.485 nel primo testo e 0.483 nel secondo), presenta una differenza significativa nelle magnitudini: 1.212 nel primo testo e 2.391 nel secondo. Ciò implica che, nonostante entrambi i testi siano considerati positivi, il secondo esprime una intensità emotiva molto più elevata.

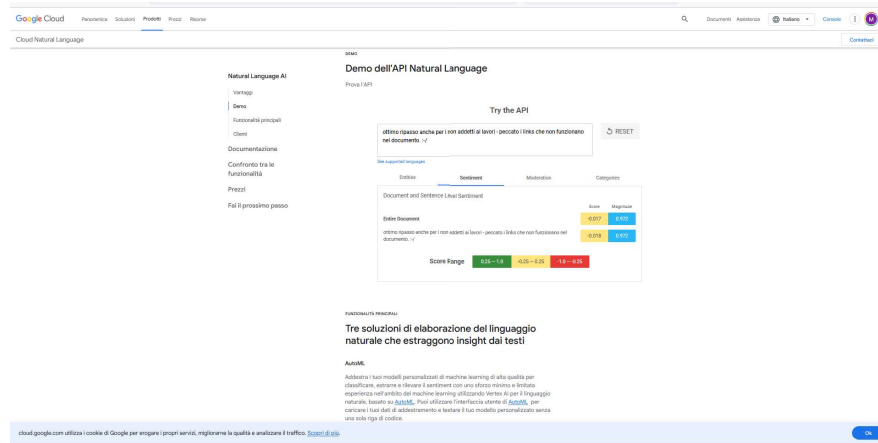


Figura 4.12: Analisi da parte di Google Cloud Vision per il quarto testo

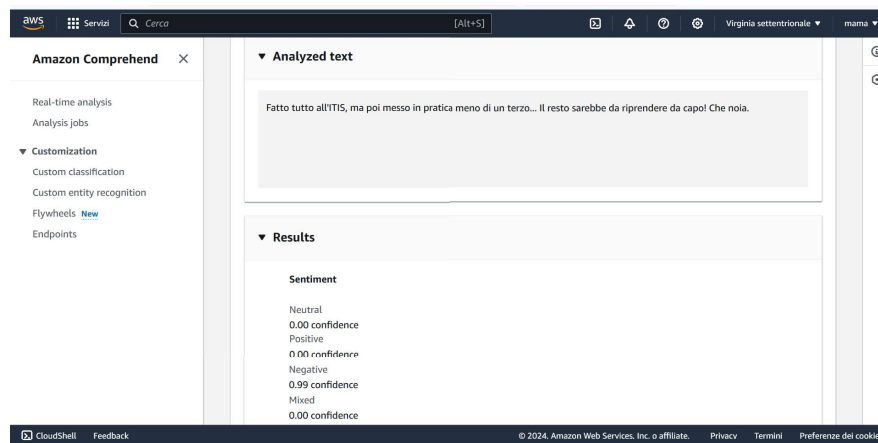


Figura 4.13: Analisi da parte di Amazon Comprehend per il quinto testo

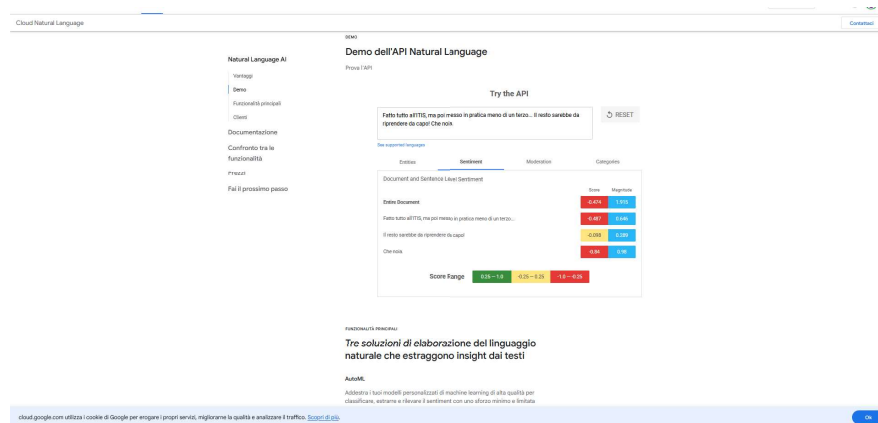


Figura 4.14: Analisi da parte di Google Cloud Vision per il quinto testo

La magnitudine, infatti, misura quanto intensamente è espresso il sentimento nel testo, e una variazione come quella osservata tra i due casi evidenzia che il secondo testo ha un carico emotivo positivo più forte rispetto al primo. Questa differenza è importante perché fornisce una visione più dettagliata e sfumata dell'emozione trasmessa, offrendo un'informazione che Amazon Comprehend non rileva direttamente.

Notiamo anche che uno stesso testo (Figura 4.9 e Figura 4.10) viene valutato come negativo

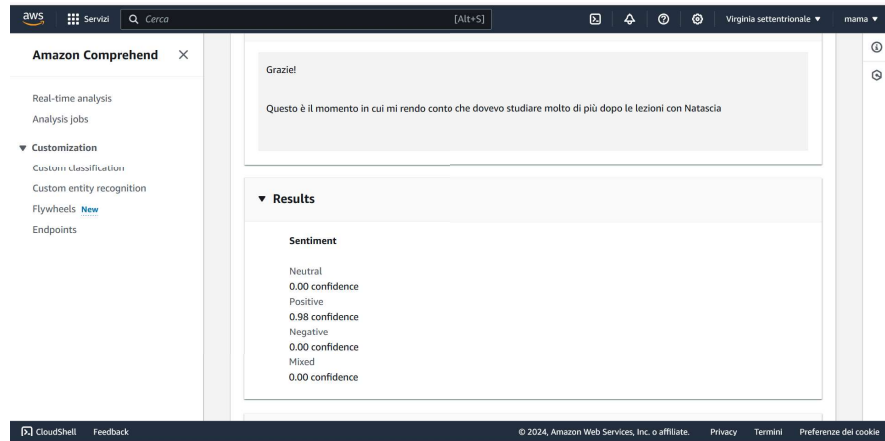


Figura 4.15: Analisi da parte di Amazon Comprehend per il sesto testo

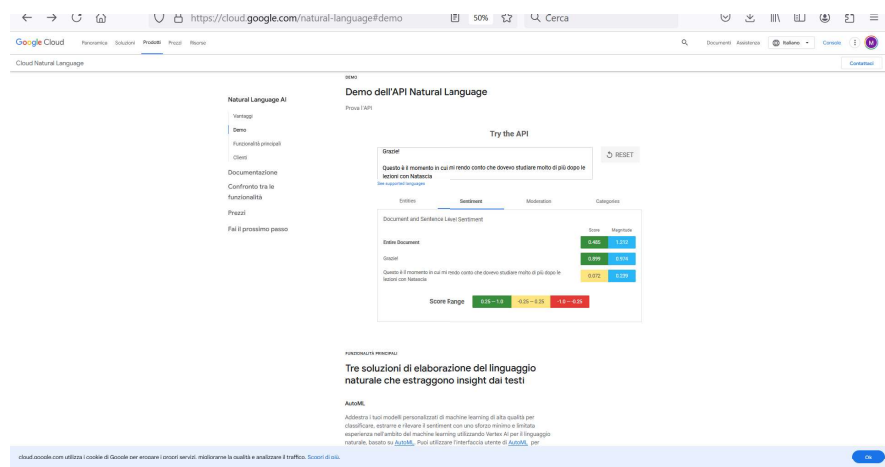


Figura 4.16: Analisi da parte di Google Cloud Vision per il sesto testo

da Amazon Comprehend e neutro da Google Cloud Natural Language. Questo tipo di discrepanza evidenzia una differenza significativa nel modo in cui i due sistemi interpretano e classificano il sentiment.

Amazon Comprehend classifica il testo come negativo con una confidenza del 98%, segnalando che gli elementi del testo trasmettono principalmente un sentimento negativo.

Google Cloud Natural Language, invece, assegna al testo un score neutro con un valore negativo e una magnitudine moderata, anche se notiamo nella Figura 4.10 che un frammento del testo viene valutato con un sentiment negativo. Ciò suggerisce che Google Cloud, nonostante l'elemento di sentiment negativo, percepisce il testo come più equilibrato classificandolo come neutro.

In conclusione, mentre Amazon Comprehend tende a fornire una classificazione netta e globale del sentiment, determinata dal sentimento predominante, Google Cloud, invece, analizza anche le singole frasi e offre una visione più dettagliata che permette di cogliere meglio le variazioni di tono emotivo, anche quando il sentimento complessivo non è estremamente positivo o negativo.

La magnitudine è un elemento distintivo dell'analisi di Google Cloud, poiché permette di comprendere non solo il tipo di sentimento (positivo, neutro o negativo), ma anche con quanta intensità esso viene espresso. Ciò è particolarmente utile per distinguere i testi che esprimono emozioni forti e quelli che hanno una carica emotiva più lieve, mentre Amazon Comprehend si limita a fornire una valutazione binaria del sentimento.

Confronto relativo alla classificazione automatica dei contenuti testuali

Nel panorama attuale, caratterizzato da una crescente digitalizzazione e dall'espansione delle comunicazioni elettroniche, le organizzazioni si trovano a gestire un volume sempre maggiore di documenti e dati testuali. La classificazione automatica del testo è una tecnologia avanzata che consente di organizzare e categorizzare automaticamente grandi volumi di dati testuali. Questa tecnologia, che fa uso di algoritmi di Machine Learning e di tecniche di Natural Language Processing (NLP), rappresenta una soluzione chiave al fine di affrontare le sfide poste dalla gestione dei documenti non strutturati. Essa permette di assegnare etichette predefinite ai testi in base a criteri specifici, facilitando, così, l'archiviazione, la ricerca e l'analisi delle informazioni. In questo capitolo, esploreremo le principali tecniche e i principali approcci utilizzati per l'analisi e la categorizzazione dei documenti. Successivamente, ci concentreremo su applicazioni concrete di questa tecnologia, con un focus particolare sulla classificazione delle email universitarie. Questa applicazione offrirà anche un'opportunità al fine di valutare e confrontare due servizi di classificazione automatica disponibili sul mercato, Amazon Comprehend Custom Classification e Google Vertex AI Custom Text Classification. Infine, presenteremo un confronto tra diversi servizi di classificazione, valutando le loro prestazioni in base a criteri come accuratezza e precisione.

5.1 Introduzione alla Classificazione del Testo

La classificazione del testo è il processo mediante il quale vengono assegnate categorie predefinite a documenti di testo non strutturati utilizzando tecnologie di Intelligenza Artificiale e Machine Learning. Le organizzazioni che si confrontano con enormi volumi di documenti, come testi legali, contratti, report di ricerca ed e-mail, traggono grande beneficio da questa tecnologia, che consente di organizzare e strutturare i dati in modo efficace e automatizzato.

Le moderne tecniche di text mining e Natural Language Processing (NLP) offrono soluzioni avanzate per estrarre informazioni significative dai testi. Questi strumenti permettono di categorizzare documenti in base a vari criteri, come argomento, sentimento o intento. Ad esempio, nel commercio elettronico, è possibile classificare automaticamente recensioni e commenti sui social media al fine di identificare feedback positivi o negativi.

Il processo di classificazione si basa su modelli di apprendimento supervisionato, che utilizzano un set di documenti già etichettati al fine di addestrare un classificatore. Tale modello può quindi essere applicato a nuovi documenti non etichettati, automatizzando la loro categorizzazione. L'uso di questa tecnologia si estende a numerosi settori, tra cui

la ricerca di mercato e la gestione delle informazioni aziendali, migliorando la capacità di prendere decisioni basate sui dati e ottimizzando l'uso del tempo e delle risorse.

In sintesi, la classificazione del testo non solo facilita l'organizzazione e l'analisi dei dati, ma rappresenta anche un passo fondamentale per il miglioramento dell'efficienza operativa e per la capacità decisionale delle organizzazioni.

5.1.1 Applicazioni della classificazione automatica del testo

Alcune applicazioni della classificazione automatica del testo sono le seguenti:

1. Filtraggio delle Email di Spam

- I provider di servizi di posta elettronica, come Gmail e Outlook, utilizzano algoritmi di classificazione al fine di identificare e filtrare le email indesiderate, riducendo così, il numero di spam che raggiungono la casella di posta in arrivo degli utenti. Tra i benefici di questo servizio abbiamo la riduzione del tempo speso dagli utenti nella gestione dello spam e il miglioramento dell'esperienza dell'utente.

2. Assistenza Clienti tramite Chatbot

- Alcune aziende, come Amazon e Netflix, utilizzano chatbot alimentati da modelli di classificazione del testo con lo scopo di riconoscere e rispondere automaticamente alle richieste dei clienti. I chatbot possono classificare le domande degli utenti in categorie, come assistenza tecnica, richieste di reso o informazioni sui prodotti. Ciò porta ad una riduzione dei tempi di risposta e ad un miglioramento dell'efficienza del servizio clienti.

3. Classificazione Automatica delle Notizie

- Siti di notizie, come Google News, utilizzano modelli di classificazione con lo scopo di organizzare e di categorizzare gli articoli in base a temi come politica, economia, sport e tecnologia. Ciò aiuta gli utenti a trovare facilmente le notizie di loro interesse. Ciò migliora l'organizzazione e la navigazione delle notizie, offrendo un'esperienza utente più fluida e personalizzata.

4. Rilevamento di Fake News

- Organizzazioni e piattaforme di social media utilizzano la classificazione automatica del testo al fine di identificare e segnalare notizie false o fuorvianti. I modelli possono classificare i contenuti come veri, falsi o sospetti. Tale classificazione aiuta a combattere la disinformazione e a migliorare la qualità delle informazioni disponibili online.

5.2 Amazon Comprehend: Custom Classification

L'API Custom Classification di Amazon Comprehend consente di creare modelli di classificazione personalizzati al fine di etichettare e organizzare i documenti testuali in categorie definite dall'utente. Il processo di utilizzo di Custom Labels segue i seguenti passi:

1. *Preparazione dei Dati di Addestramento*: il primo passo consiste nella raccolta di un set di dati rappresentativo dei documenti che si desidera classificare. Questi dati devono essere correttamente formattati e memorizzati in un bucket Amazon S3, oltre a essere etichettati con le categorie (etichette) che si intende riconoscere. Amazon Comprehend supporta diversi formati di dati, tra cui file di testo, JSON e CSV. È essenziale selezionare la modalità di classificazione più appropriata. Le possibili modalità sono le seguenti:

- *Modalità etichetta singola*: si utilizza quando le categorie da assegnare ai documenti sono mutuamente esclusive, ovvero ogni documento può appartenere solo a una singola categoria.
- *Modalità multietichetta*: si utilizza quando è necessario addestrare il classificatore ad assegnare una o più etichette a ciascun documento, permettendo, così, che un singolo documento appartenga a più categorie contemporaneamente.

La corretta preparazione dei dati e la scelta della modalità di classificazione sono cruciali per garantire un addestramento efficace del modello.

2. *Creazione e Addestramento del Modello*: durante questa fase bisogna definire le classi o etichette per la classificazione. Tali etichette rappresentano le categorie in cui i documenti saranno classificati. I dati etichettati devono essere caricati nel bucket Amazon S3 e deve essere configurato un lavoro di classificazione personalizzata in Amazon Comprehend. Il servizio richiede che i dati siano divisi in set di addestramento e di validazione. Amazon Comprehend utilizza questi dati per addestrare un modello di classificazione personalizzato. Durante questa fase, il modello viene addestrato a riconoscere le caratteristiche e i pattern associati alle etichette fornite.
3. *Utilizzo del Modello di Classificazione*: dopo l'addestramento, è possibile utilizzare il modello per classificare documenti in tempo reale. Ciò è utile per applicazioni che richiedono una risposta immediata, come l'analisi di singole email o di richieste di supporto. Se il caso d'uso lo prevede, è possibile avviare un lavoro di classificazione asincrono. In questo modo, il modello elaborerà i documenti in batch e fornirà i risultati una volta completata l'elaborazione.
4. *Monitoraggio e Aggiornamento del Modello*: dopo che il modello è stato utilizzato, è importante monitorare le sue prestazioni. Amazon Comprehend fornisce strumenti al fine di valutarne l'accuratezza e l'efficacia. Se necessario è possibile aggiornare il modello con nuovi dati di addestramento o migliorare le etichette esistenti con lo scopo di mantenere la qualità della classificazione. Amazon Comprehend offre alcuni criteri di riferimento al fine di determinare la qualità del modello. Tali criteri sono i seguenti.
 - *Accuratezza*: è un parametro che indica il numero di previsioni corrette effettuate dal classificatore di testo rispetto alle previsioni totali.
 - *Precision*: si tratta di un parametro che riflette la capacità del modello di prevedere in modo coerente e corretto una classe specifica. Un classificatore di testo è più preciso quando produce meno falsi positivi.
 - *Recall*: si tratta di una misura della coerenza del modello nel prevedere correttamente la classe giusta rispetto a tutte le previsioni positive.
 - *F1-Score*: è un parametro che calcola la media armonica tra Precision e Recall per fornire una panoramica equilibrata dell'accuratezza del modello.

5.3 Google Vertex AI: Custom Text Classification

L'API Custom Text Classification di Google Vertex AI consente di creare modelli di classificazione personalizzati per etichettare e organizzare documenti testuali in categorie definite dall'utente. Il processo di utilizzo di Vertex AI per la classificazione del testo segue i passi descritti di seguito:

1. *Preparazione dei Dati di Addestramento*: si raccoglie un set di dati che rappresentano il tipo di documenti che si intende classificare. Questi dati devono essere etichettati con le categorie (etichette) che si desidera riconoscere. I dati devono essere formattati in modo appropriato, come file CSV e JSON, o memorizzati in Google Cloud Storage. È importante che i documenti siano puliti e ben organizzati al fine di ottenere un addestramento ottimale.
2. *Creazione e Addestramento del Modello*: in questa fase bisogna definire le classi o etichette per la classificazione che si intende effettuare. Tali etichette rappresentano le categorie in cui i documenti saranno classificati. Successivamente, i dati etichettati dovranno essere caricati su Google Cloud Storage e dovrà essere configurato un dataset su Vertex AI. La funzionalità AutoML di Vertex AI è quella da utilizzare con lo scopo di addestrare un modello di classificazione personalizzato. Vertex AI gestisce il processo di addestramento, ottimizzando il modello per riconoscere le caratteristiche e i pattern associati alle etichette.
3. *Utilizzo del Modello di Classificazione*: dopo l'addestramento, è possibile utilizzare il modello per classificare documenti in tempo reale tramite l'API di Vertex AI. Questa funzionalità è utile per applicazioni che richiedono risposte immediate, come l'analisi di singole email o richieste di supporto. Se il caso d'uso lo prevede, è possibile avviare una pipeline di classificazione asincrona per elaborare i documenti in batch e ottenere i risultati una volta completata l'elaborazione.
4. *Monitoraggio e Aggiornamento del Modello*: dopo l'utilizzo del modello, è importante monitorarne le prestazioni. Vertex AI fornisce strumenti per valutare l'accuratezza e l'efficacia del modello. Quest'ultimo può essere aggiornato con nuovi dati di addestramento o possono essere migliorate le etichette esistenti al fine di mantenere la qualità della classificazione. Vertex AI offre criteri di riferimento per determinare la qualità del modello, tra cui:
 - *Accuratezza*: indica la percentuale di previsioni corrette rispetto al totale delle previsioni.
 - *Precision*: riflette la capacità del modello di prevedere in modo coerente e corretto una classe specifica, producendo meno falsi positivi.
 - *Recall*: misura la capacità del modello di prevedere correttamente la classe giusta rispetto a tutte le previsioni positive.
 - *F1-Score*: calcola la media armonica tra Precision e Recall per fornire una panoramica equilibrata dell'accuratezza del modello.

5.4 Analisi dei Risultati: Classificazione Mail Universitarie

Per confrontare le prestazioni dei due servizi di classificazione automatica del testo, abbiamo deciso di addestrare un modello capace di identificare il "tipo" di email universitaria ricevuta. A tal fine, abbiamo utilizzato lo stesso set di dati per entrambi i sistemi: un file `.csv` contenente 10 email per ciascuna etichetta, il numero minimo di dati richiesto da entrambe le piattaforme.

Le email sono state selezionate dalla casella di posta elettronica universitaria e suddivise nelle seguenti categorie:

- *Invito a compilare un questionario*, identificata con l'etichetta *questionario*.

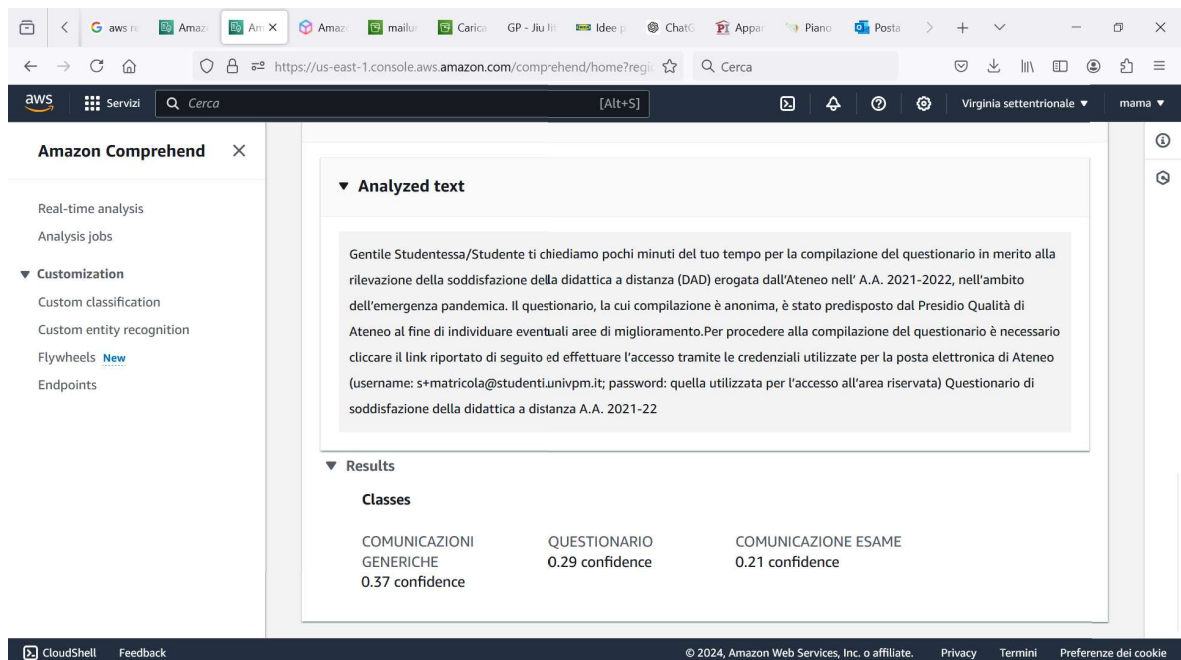
- *Comunicazione relativa a un esame*, identificata con l’etichetta *comunicazione esame*.
- *Comunicazione relativa a una lezione*, identificata con l’etichetta *comunicazione lezione*.
- *Informazioni generali universitarie* (come inviti a eventi, seminari, iscrizioni a corsi, ecc.), identificata con l’etichetta *comunicazioni generiche*.

Tale approccio ci ha consentito di addestrare e testare entrambi i sistemi utilizzando un set di dati uniforme, garantendo così una valutazione equa delle loro prestazioni. L’addestramento dei modelli ha seguito una procedura analoga per entrambi i servizi:

1. Caricamento del file `.csv` contenente le email etichettate.
2. Attesa del completamento del processo di addestramento del modello da parte della piattaforma, basato sui dati forniti.
3. Selezione di un sottoinsieme di email appartenenti a ciascuna categoria per valutare l’efficacia dell’addestramento eseguito da ciascun servizio.

Proseguiremo, ora, con una valutazione comparativa delle prestazioni dei due servizi di classificazione del testo.

Per quanto riguarda la prima email analizzata, contenente un invito a compilare un *questionario*, è possibile osservare in Figura 5.1 che il servizio di Amazon Comprehend, tramite la sua funzionalità di Custom Classification, classifica il testo come una *comunicazione generica* con una confidenza di 0.37, valore superiore rispetto alla classificazione dello stesso testo come *questionario*, per la quale il livello di confidenza è pari a 0.29. Invece, il servizio Vertex AI di Google, come mostrato in Figura 5.2, identifica chiaramente il contenuto come relativo a un *questionario*, assegnando una confidenza decisamente più alta, pari a 0.985.



The screenshot shows the Amazon Comprehend console interface. On the left, there is a navigation menu with options like 'Real-time analysis', 'Analysis jobs', 'Customization', 'Custom classification', 'Custom entity recognition', 'Flywheels', and 'Endpoints'. The main area displays the 'Analyzed text' and 'Results'.

Analyzed text:

Gentile Studentessa/Studente ti chiediamo pochi minuti del tuo tempo per la compilazione del questionario in merito alla rilevazione della soddisfazione della didattica a distanza (DAD) erogata dall'Ateneo nell' A.A. 2021-2022, nell'ambito dell'emergenza pandemica. Il questionario, la cui compilazione è anonima, è stato predisposto dal Presidio Qualità di Ateneo al fine di individuare eventuali aree di miglioramento. Per procedere alla compilazione del questionario è necessario cliccare il link riportato di seguito ed effettuare l'accesso tramite le credenziali utilizzate per la posta elettronica di Ateneo (username: s+matricola@studenti.univpm.it; password: quella utilizzata per l'accesso all'area riservata) Questionario di soddisfazione della didattica a distanza A.A. 2021-22

Results:

Classes		
COMUNICAZIONI GENERICHE 0.37 confidence	QUESTIONARIO 0.29 confidence	COMUNICAZIONE ESAME 0.21 confidence

Figura 5.1: Analisi da parte di Amazon Comprehend: Custom Classification - questionario

Nella seconda email analizzata, come evidenziato in Figura 5.3 per Amazon Comprehend e in Figura 5.4 per Google Vertex AI, emerge nuovamente una maggiore accuratezza da parte del servizio di Google. Vertex AI classifica correttamente la comunicazione come relativa a

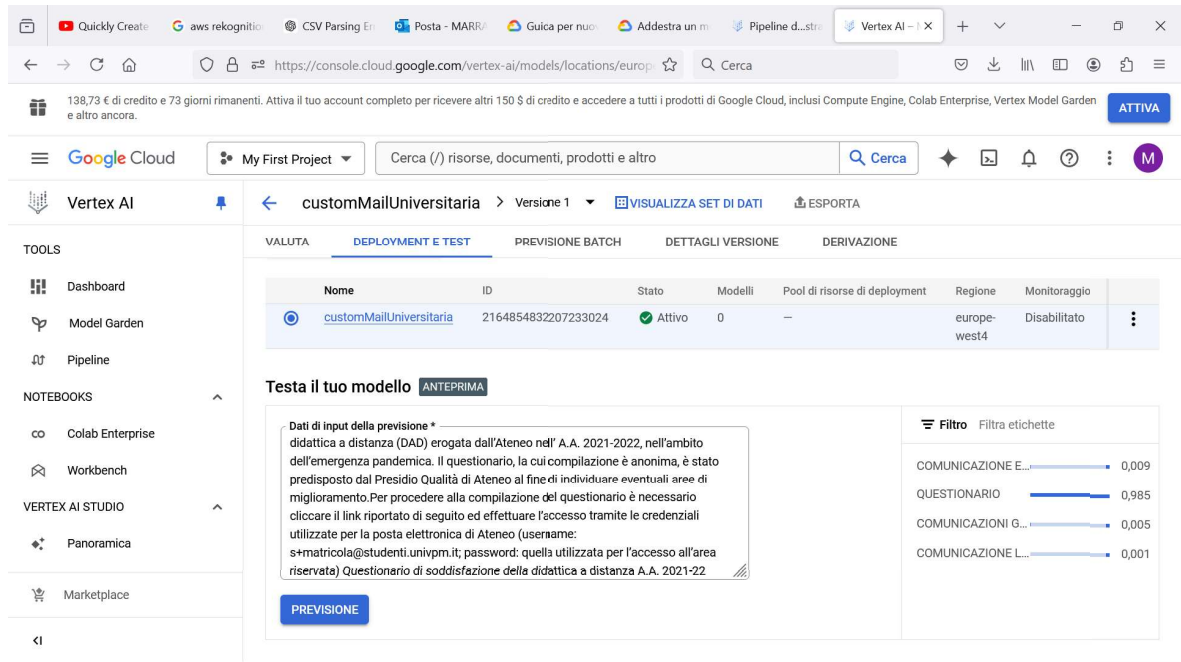


Figura 5.2: Analisi da parte di Google Vertex AI: Custom Text Classification - questionario

una *lezione* con una confidenza di 0.838. Al contrario, Amazon Comprehend presenta risultati meno accurati, classificando la stessa comunicazione come *comunicazione lezione* con una confidenza di 0.27 e come *comunicazione generica* con una confidenza di 0.30.

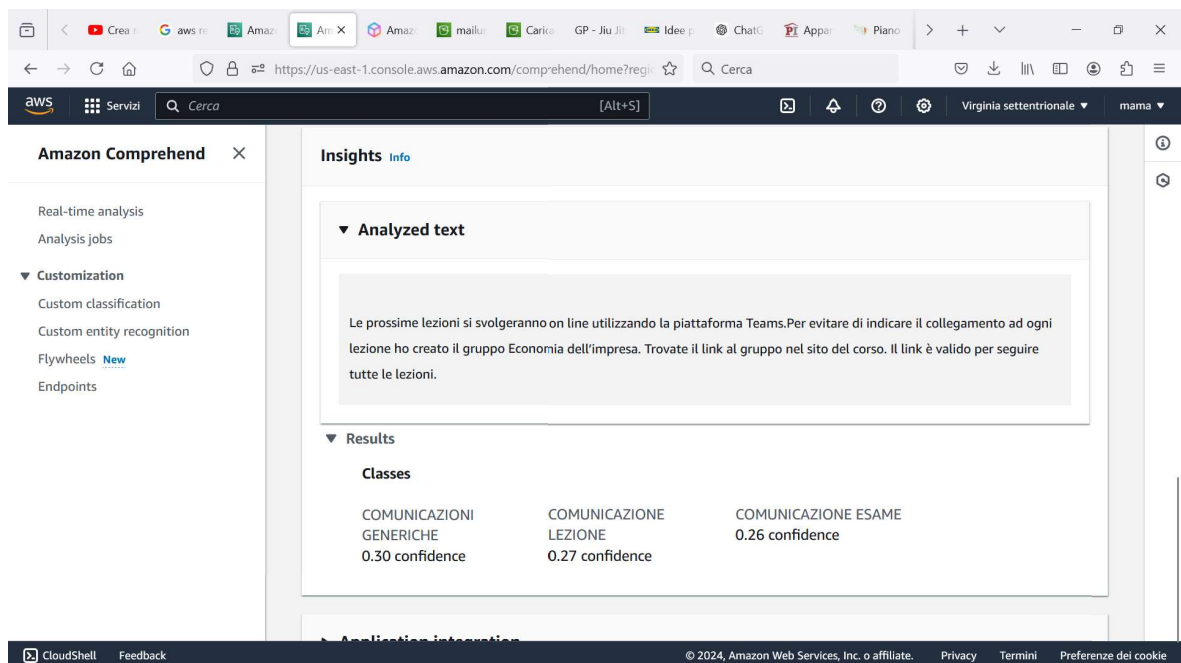


Figura 5.3: Analisi da parte di Amazon Comprehend: Custom Classification - comunicazione lezione

Nelle Figure 5.5 e 5.6, l'analisi della comunicazione relativa a un *esame* mostra una differenza significativa tra i due servizi. Amazon Comprehend classifica la comunicazione come *esame* con una confidenza di 0.29, indicando un punteggio simile (0.28) per *comunicazione lezione* e *comunicazioni generiche*. Invece Google Vertex AI dimostra una maggiore

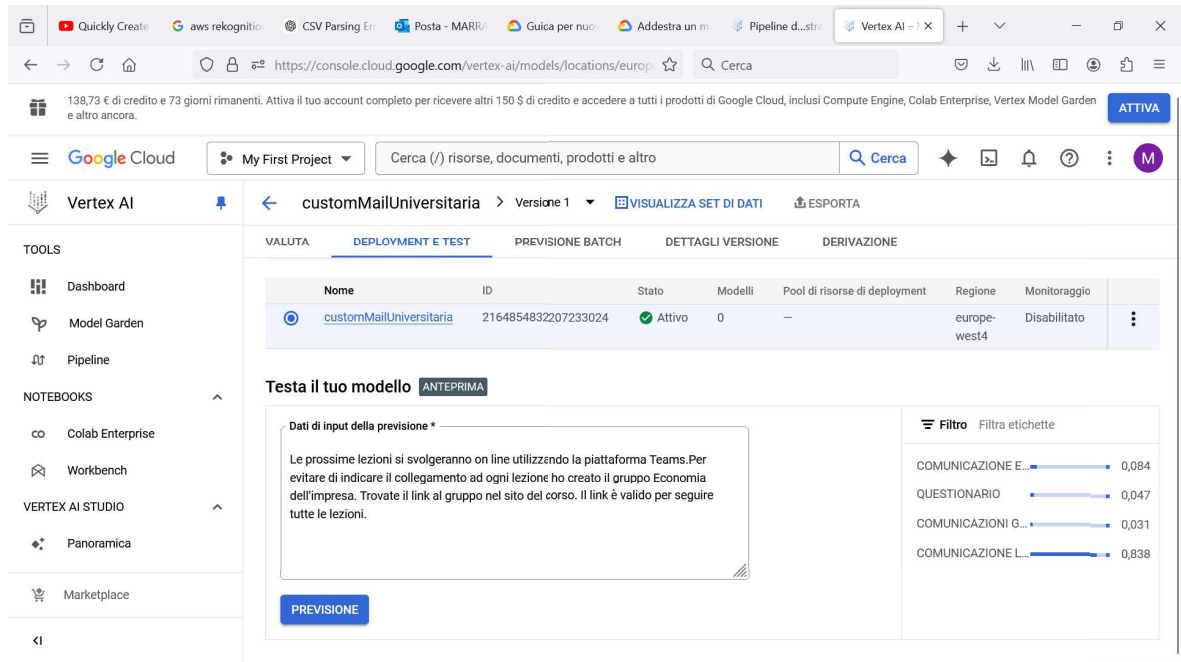


Figura 5.4: Analisi da parte di Google Vertex AI: Custom Text Classification - comunicazione lezione

precisione, assegnando all’etichetta *comunicazione esame* una confidenza di 0.56 ed all’etichetta *comunicazione lezione* un valore di 0.334.

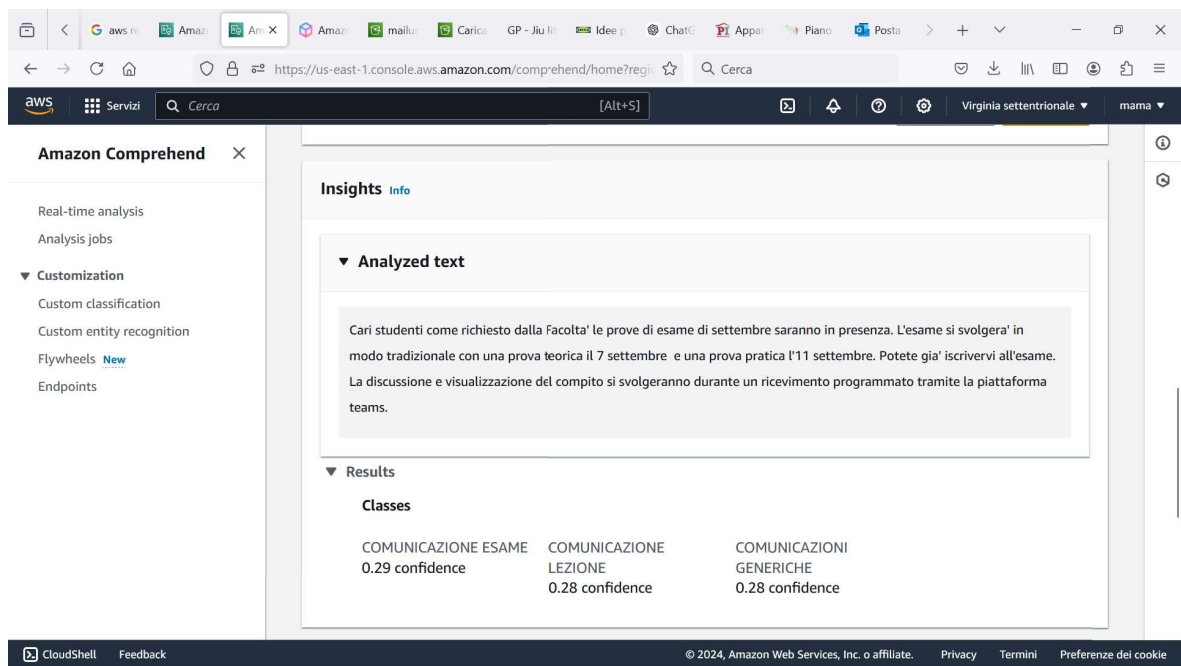


Figura 5.5: Analisi da parte di Amazon Comprehend: Custom Classification - comunicazione esame

La *comunicazione generica* mostrata nelle Figure 5.7 e 5.8 non viene correttamente classificata da nessuna delle due piattaforme. Amazon Comprehend assegna all’etichetta *comunicazione generica* una confidenza di 0.34, mentre Google Vertex AI fornisce risultati meno accurati, attribuendo un punteggio di 0.05 alla stessa etichetta. Inoltre, Google distribuisce la confidenza restante in modo errato, con 0.407 assegnato alla categoria *esame* e 0.461 a *lezione*.

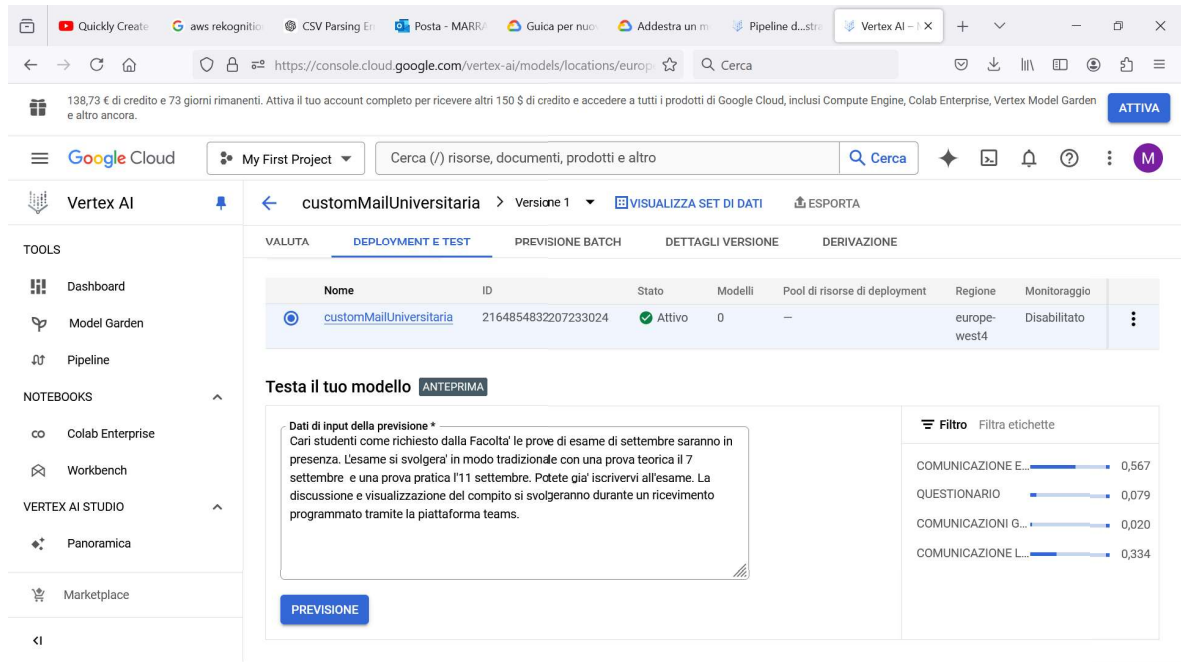


Figura 5.6: Analisi da parte di Google Vertex AI: Custom Text Classification - comunicazione esame

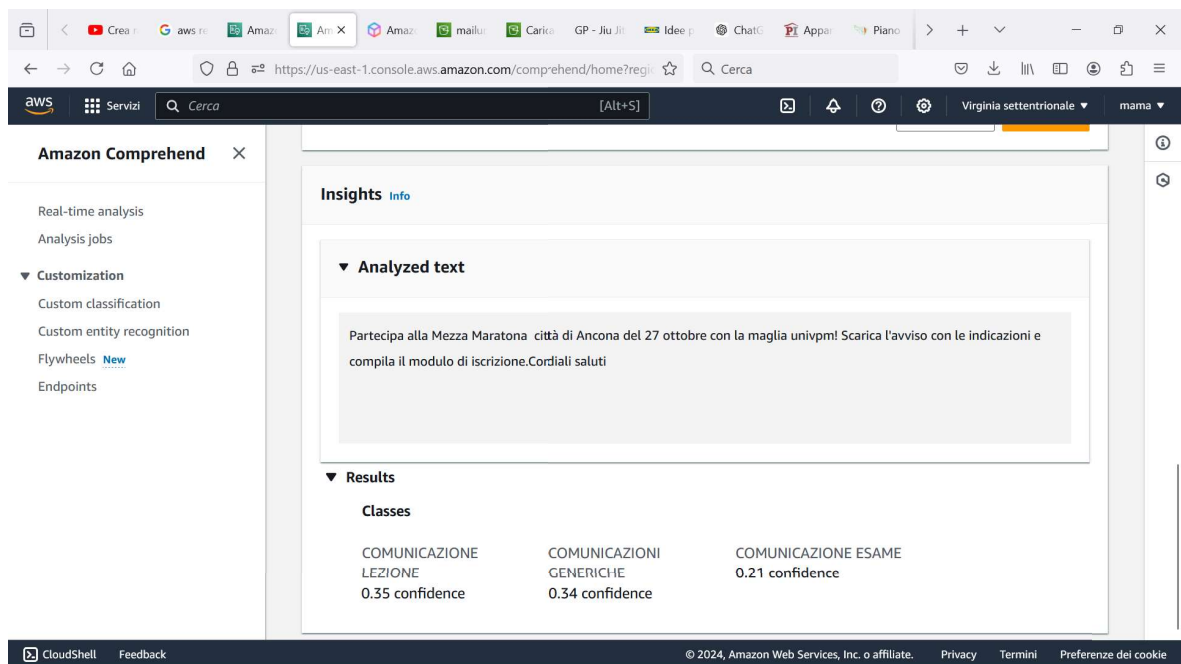


Figura 5.7: Analisi da parte di Amazon Comprehend: Custom Classification - comunicazione generica

La successiva comunicazione generica, analizzata da Amazon Comprehend in Figura 5.9 e da Google Vertex AI in Figura 5.10, viene valutata correttamente da entrambe le piattaforme. Amazon Comprehend assegna una confidenza di 0.58, identificando correttamente la comunicazione come *generica*, mentre Google Vertex AI attribuisce un punteggio simile di 0.56, confermando anch'esso l'accuratezza della classificazione.

La seconda mail relativa ad un esame, di cui vediamo l'analisi dei due servizi nelle Figure 5.11 e 5.12, viene erroneamente interpretata come *comunicazione lezione* sia da Amazon Comprehend (0.50) che da Google Vertex AI (0.553). Le due piattaforme considerano il testo

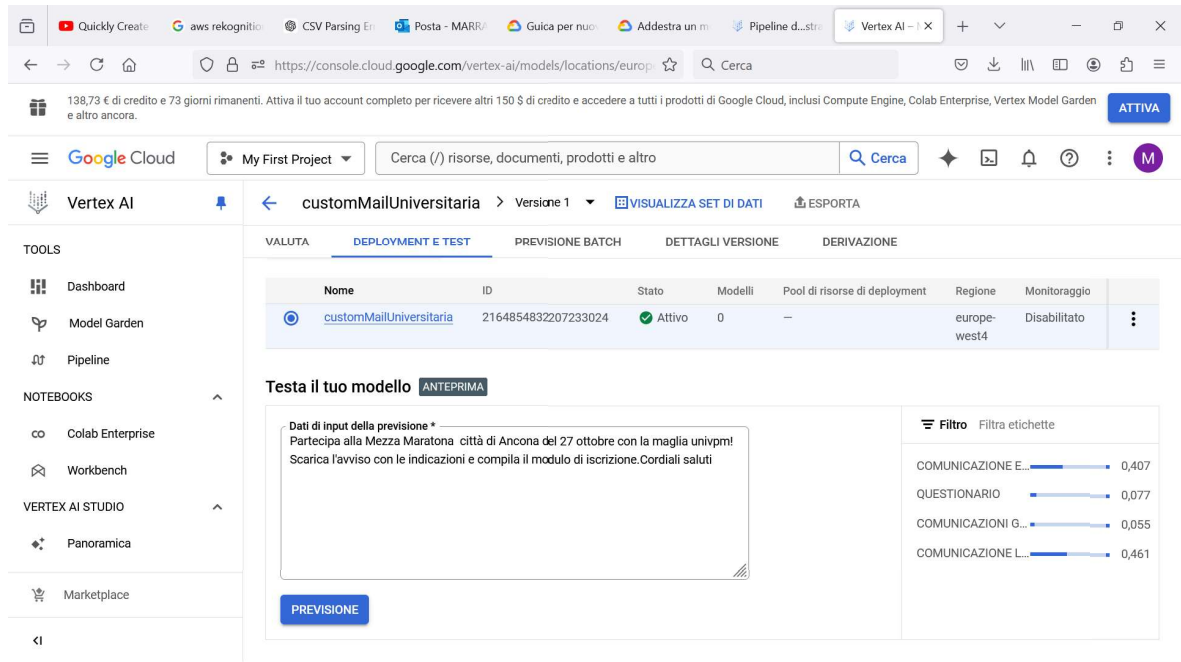


Figura 5.8: Analisi da parte di Google Vertex AI: Custom Text Classification - comunicazione generica

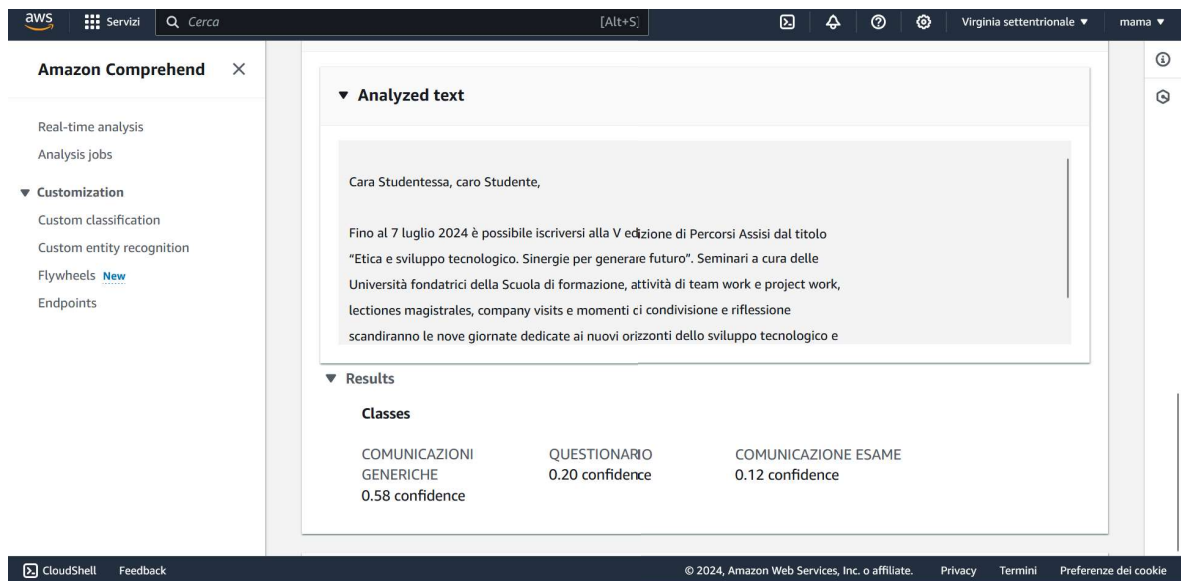


Figura 5.9: Analisi da parte di Amazon Comprehend: Custom Classification - comunicazione generica

relativo ad una *comunicazione esame* con una confidenza di 0.29 per Amazon Comprehend e di 0.351 per Google.

La mail successiva, contenente un questionario e mostrata nelle Figure 5.13 e 5.14, viene classificata come tale da Amazon Comprehend con una confidenza di 0.44. Tuttavia, Google Vertex AI non riconosce correttamente l'etichetta *questionario*, assegnando ad essa una confidenza di 0.284, mentre l'etichetta *comunicazione esame* riceve una confidenza di 0.462.

Infine, la mail contenente informazioni relative a un esame, mostrata nelle Figure 5.15 e 5.16, viene classificata come tale da Amazon Comprehend con una confidenza di 0.34 e da Google Vertex AI con una confidenza di 0.316.

La Tabella 5.1 riassume i dati che abbiamo analizzato fino ad ora, mostrando, per ciascuna mail riferita ad una certa etichetta, con quale confidenza ciascun servizio (Custom Classifi-

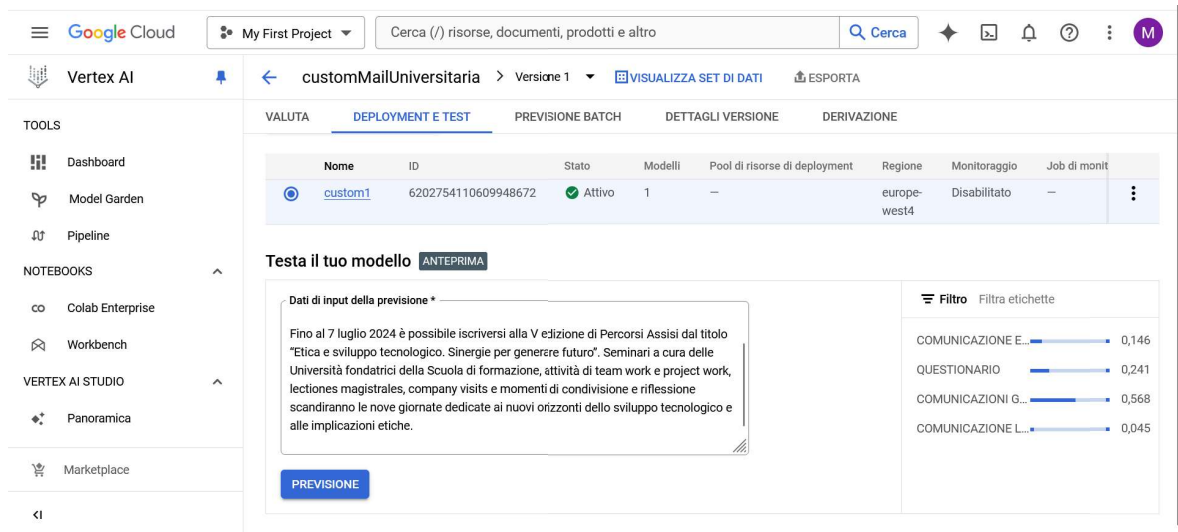


Figura 5.10: Analisi da parte di Google Vertex AI: Custom Text Classification - comunicazione generica

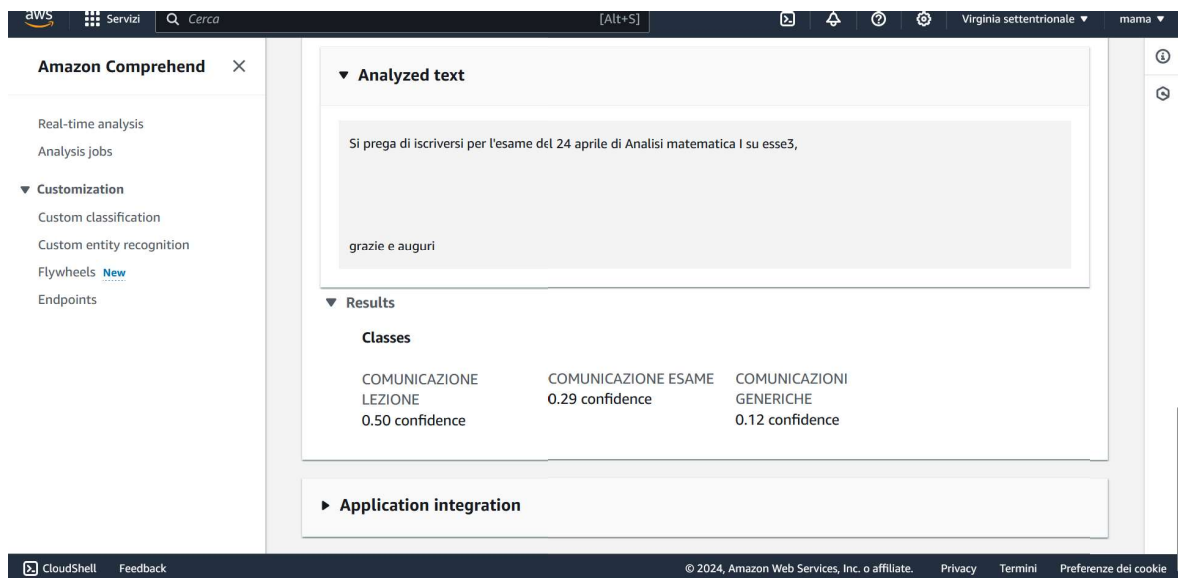


Figura 5.11: Analisi da parte di Amazon Comprehend: Custom Classification - comunicazione esame

cation di Amazon Comprehend indicato con AWS e Custom Text Classification di Google Vertex AI indicato come GC) ha identificato correttamente l’etichetta.

tipo di mail	confidenza per etichetta - AWS	confidenza per etichetta - GC
questionario	0.29	0.985
questionario	0.44	0.284
comunicazione lezione	0.27	0.838
comunicazione generica	0.34	0.05
comunicazione generica	0.58	0.568
comunicazione esame	0.29	0.351
comunicazione esame	0.29	0.56
comunicazione esame	0.34	0.316

Tabella 5.1: Confronto delle classificazioni tra Amazon Comprehend e Google Vertex AI

The screenshot shows the Google Cloud Vertex AI interface. The top navigation bar includes 'Google Cloud', 'My First Project', and a search bar. The main content area is titled 'customMailUniversitaria' and shows a table of model deployments. The table has columns for Name, ID, Stato, Modelli, Pool di risorse di deployment, Regione, Monitoraggio, and Job di monit. A single row is visible with 'custom1' as the name, ID '6202754110609948672', and status 'Attivo'. Below the table, there is a 'Testa il tuo modello' section with a text input field containing 'Si prega di iscriversi per l'esame del 24 aprile di Analisi matematica I su esse3, grazie e auguri' and a 'PREVISIONE' button. To the right, a 'Filtro' section shows classification results for four categories: COMUNICAZIONE E... (0,351), QUESTIONARIO (0,043), COMUNICAZIONI G... (0,053), and COMUNICAZIONE L... (0,553).

Figura 5.12: Analisi da parte di Google Vertex AI: Custom Text Classification - comunicazione esame

The screenshot shows the Amazon Comprehend interface. The top navigation bar includes 'AWS Servizi', a search bar, and 'Virginia settentrionale'. The main content area is titled 'Amazon Comprehend' and shows a 'Customization' section with options like 'Real-time analysis', 'Analysis jobs', 'Custom classification', 'Custom entity recognition', 'Flywheels', and 'Endpoints'. The 'Analyzed text' section contains the text: 'L'Unione degli Universitari ha lanciato un'indagine per acquisire informazioni in merito all'ecoansia al fine di sensibilizzare siano adottate misure pratiche a sostegno delle presenti e future generazioni. https://climaorganizzativo.limesurvey.net/398551?newtest=Y&lang=it UDU - Ancona'. Below this, the 'Results' section shows 'Classes' with three categories: QUESTIONARIO (0.44 confidence), COMUNICAZIONE ESAME (0.28 confidence), and COMUNICAZIONI GENERICHE (0.17 confidence).

Figura 5.13: Analisi da parte di Amazon Comprehend: Custom Classification - questionario

5.4.1 Variazione delle prestazioni di AWS Comprehend e Vertex AI in funzione del set di dati di addestramento

In questa sezione esamineremo come le prestazioni di AWS Comprehend e Vertex AI variano in base ai cambiamenti apportati al set di dati di addestramento. Utilizzeremo le prime quattro mail prese in esame per effettuare la predetta verifica (le mail presenti nelle Figure 5.1, 5.3, 5.5 e 5.7). In particolare, abbiamo analizzato le stesse email nei due casi seguenti.

1. Aumento del numero di dati di addestramento da 10 a 20 per ogni etichetta.
2. Aumento del numero di dati di addestramento da 10 a 20 per ogni etichetta e riduzione del numero di categorie (da 4 a 3).

The screenshot shows the Google Cloud Vertex AI interface for a custom model deployment. The top navigation bar includes 'Google Cloud', 'My First Project', and a search bar. The left sidebar lists various tools and notebooks. The main content area is titled 'customMailUniversitaria' and shows a table of model deployments. Below the table, there is a 'Testa il tuo modello' section with a preview of input text and a bar chart showing classification results for different categories.

Nome	ID	Stato	Modelli	Pool di risorse di deployment	Regione	Monitoraggio	Job di monit
custom1	6202754110609948672	Attivo	1	–	europa-west4	Disabilitato	–

Testa il tuo modello ANTEPRIMA

Dati di input della previsione*

L'Unione degli Universitari ha lanciato un'indagine per acquisire informazioni in merito all'ecoansia al fine di sensibilizzare siano adottate misure pratiche a sostegno delle presenti e future generazioni.

<https://climaorganizzativo.limesurvey.net/398551?newtest=Y&lang=it>

UDU - Ancona

PREVISIONE

Filtro Filtra etichette

COMUNICAZIONE E...	0,462
QUESTIONARIO	0,284
COMUNICAZIONI G...	0,122
COMUNICAZIONE L...	0,132

Figura 5.14: Analisi da parte di Google Vertex AI: Custom Text Classification - questionario

The screenshot shows the Amazon Comprehend Custom Classification interface. The left sidebar lists various analysis jobs and customization options. The main content area displays a list of analyzed text items and a table of classification results for different classes.

Analyzed text

MODALITA' SVOLGIMENTO ESAME DI ELEMENTI DI ELETTRONICA (INF) del 06/07/2021

L'esame di Elementi di Elettronica avverrà

- a distanza con la piattaforma Zoom per la prova scritta,
- in presenza (o, su richiesta motivata, a distanza tramite Teams) per la prova orale, nel seguente modo:

- 1) Si fa riferimento per l'iscrizione e ad ogni comunicazione per inizio della prova a ESSE3web.
- 2) L'esame scritto è stato partizionato in due partizioni (basate sull'iniziale del cognome) con differenti orari di inizio della prova.

Results

Classes

COMUNICAZIONE ESAME	QUESTIONARIO	COMUNICAZIONI GENERICHE
0.34 confidence	0.34 confidence	0.15 confidence

Figura 5.15: Analisi da parte di Amazon Comprehend: Custom Classification - comunicazione generica

Risultati con aumento del set di dati per Amazon Comprehend Custom Classification

Abbiamo arricchito il file .csv di 10 mail per etichetta; questa nuova versione ha portato ai seguenti risultati:

- *Questionario*: come vediamo in Figura 5.17, la confidenza del modello nel riconoscere il testo di una mail contenente un invito a compilare un questionario è aumentata da 0.37 a 0.51.
- *Comunicazione lezione*: come vediamo in Figura 5.19, la confidenza del modello nel riconoscere il testo di una mail contenente una comunicazione relativa ad una lezione è aumentata da 0.27 a 0.79.
- *Comunicazione esame*: come vediamo in Figura 5.20, la confidenza del modello nel riconoscere il testo di una mail contenente una comunicazione relativa ad un esame è

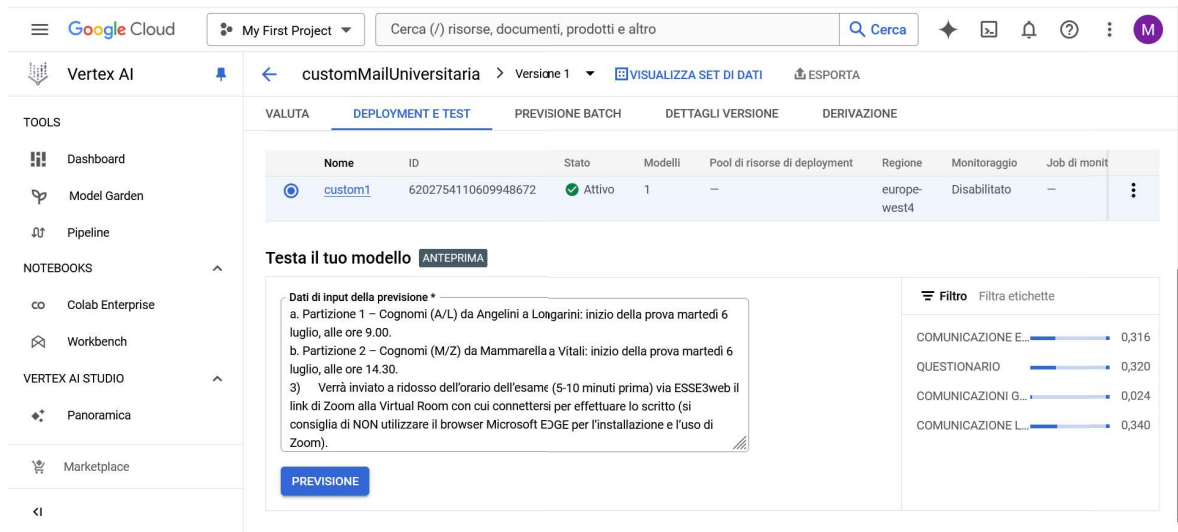


Figura 5.16: Analisi da parte di Google Vertex AI: Custom Text Classification - comunicazione generica

aumentata da 0.29 a 0.55.

- *Comunicazioni generiche*: come vediamo in Figura 5.18, la confidenza del modello nel riconoscere il testo di una mail contenente una comunicazione generica è diminuita da 0.34 a 0.12.

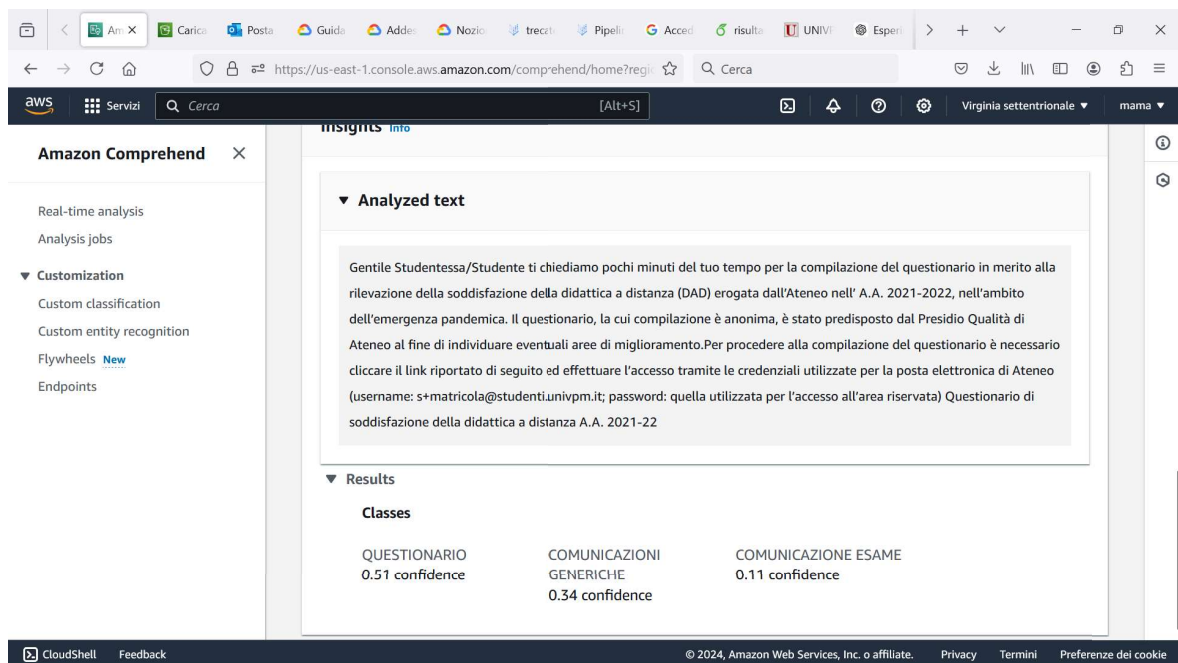


Figura 5.17: Analisi da parte di Amazon Comprehend: Custom Classification, aumento set di dati - questionario

In sintesi, l’espansione del dataset ha contribuito a migliorare la precisione del modello in tre categorie su quattro, ma richiede ulteriori aggiustamenti per le comunicazioni generiche.

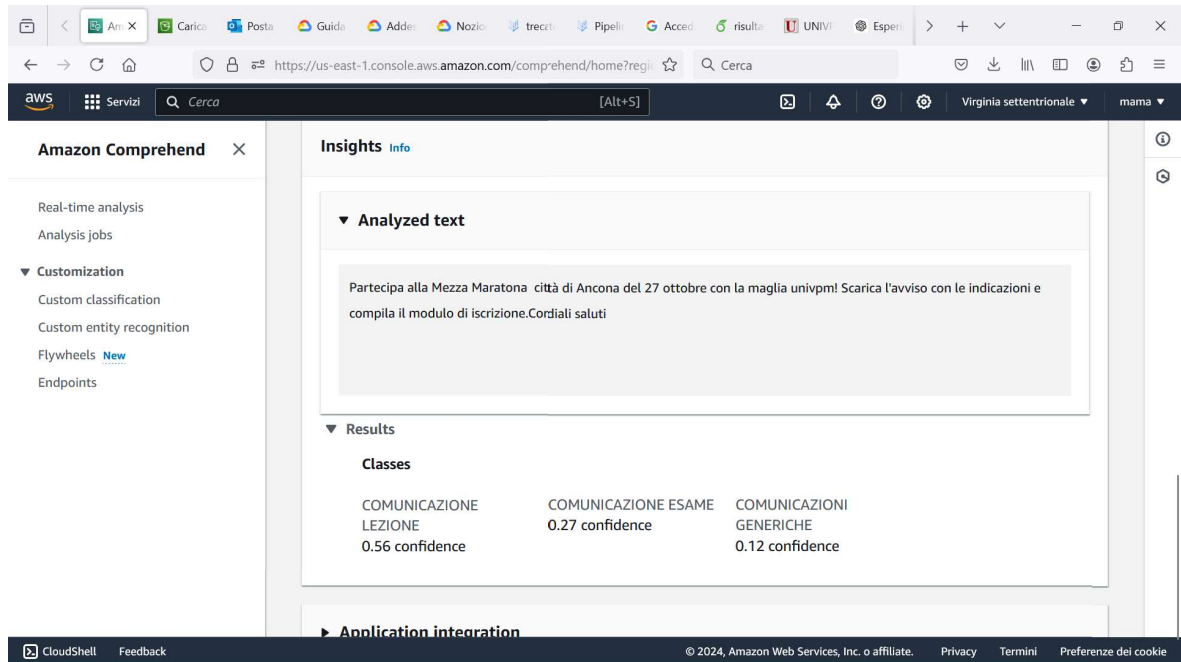


Figura 5.18: Analisi da parte di Google Vertex AI: Custom Text Classification, aumento set di dati - comunicazione generica

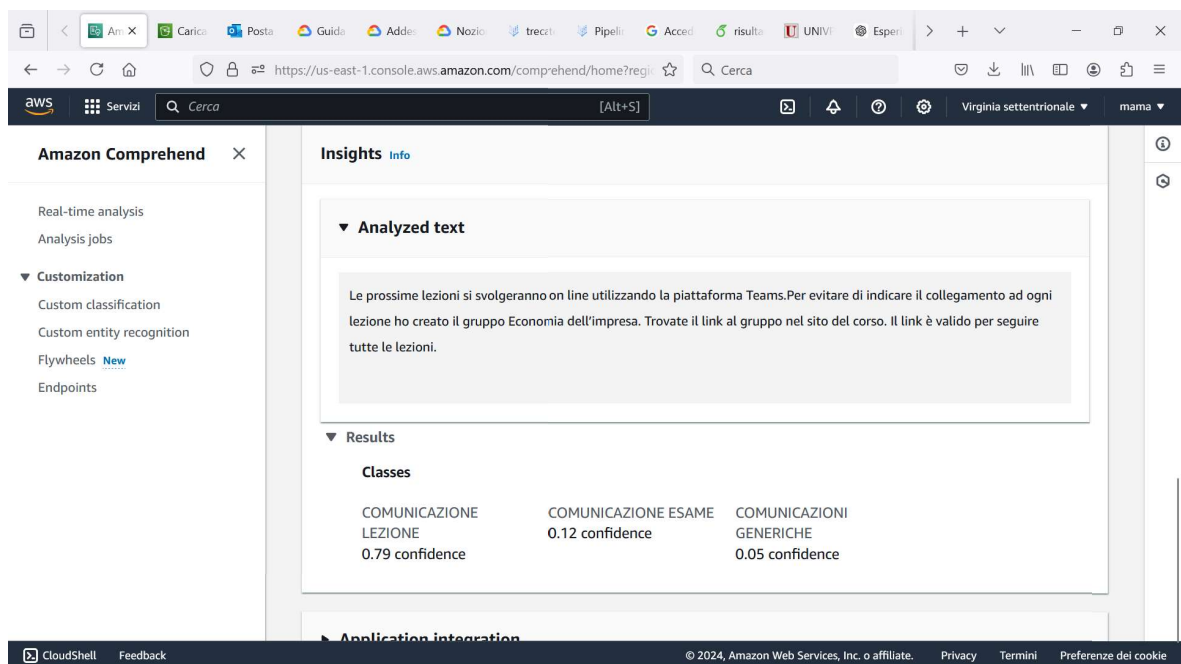


Figura 5.19: Analisi da parte di Amazon Comprehend: Custom Classification, aumento set di dati - comunicazione lezione

Risultati con aumento del set di dati e con diminuzione del numero di etichette per Amazon Comprehend Custom Classification

Abbiamo deciso di testare nuovamente il sistema eliminando la categoria che finora ha generato più inesattezze. Vediamo nel seguente elenco i risultati ottenuti con il nuovo set di dati formato da 20 mail per ciascuna delle tre categorie scelte (questionario, comunicazione esame, comunicazione lezione)

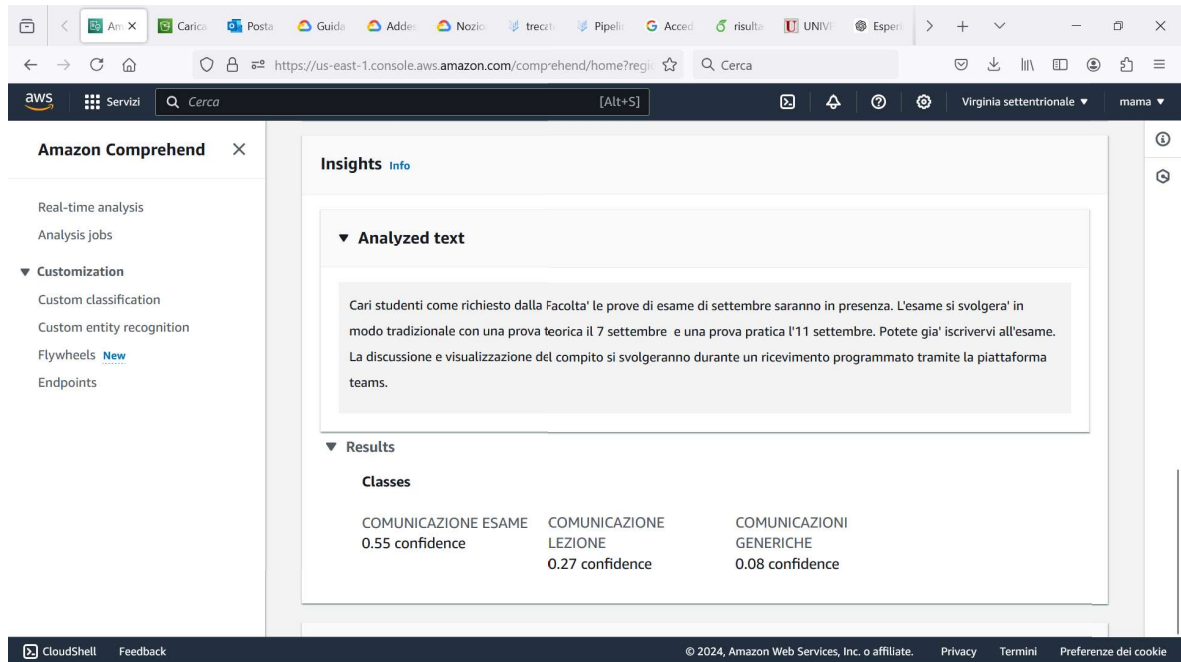


Figura 5.20: Analisi da parte di Google Vertex AI: Custom Text Classification, aumento set di dati - comunicazione esame

- *Questionario:* come vediamo in Figura 5.21, la confidenza del modello nel riconoscere il testo di una mail contenente un invito a compilare un questionario è aumentata a 0.98.
- *Comunicazione lezione:* come vediamo in Figura 5.22, la confidenza del modello nel riconoscere il testo di una mail contenente una comunicazione relativa ad una lezione è aumentata a 0.94.
- *Comunicazione esame:* come vediamo in Figura 5.23, la confidenza del modello nel riconoscere il testo di una mail contenente una comunicazione relativa ad un esame è aumentata a 0.87.

In sintesi, la riduzione delle etichette di classificazione contestuale all'aumento del dataset ha reso il modello più accurato. Sono state riconosciute correttamente e con un'alta confidenza tutte le mail testate.

Risultati con aumento del set di dati per Google Vertex AI Custom Text Classification

Lo stesso set di dati fornito ad Amazon Comprehend ha portato i seguenti risultati nel caso di Google Vertex AI.

- *Questionario:* come vediamo in Figura 5.24, la confidenza del modello nel riconoscere il testo di una mail contenente un invito a compilare un questionario è massima, uguale ad 1.
- *Comunicazione lezione:* come vediamo in Figura 5.26, la confidenza del modello nel riconoscere il testo di una mail contenente una comunicazione relativa ad una lezione è massima, uguale ad 1.
- *Comunicazione esame:* come vediamo in Figura 5.27, la confidenza del modello nel riconoscere il testo di una mail contenente una comunicazione relativa ad un esame diminuisce fino a 0.072.

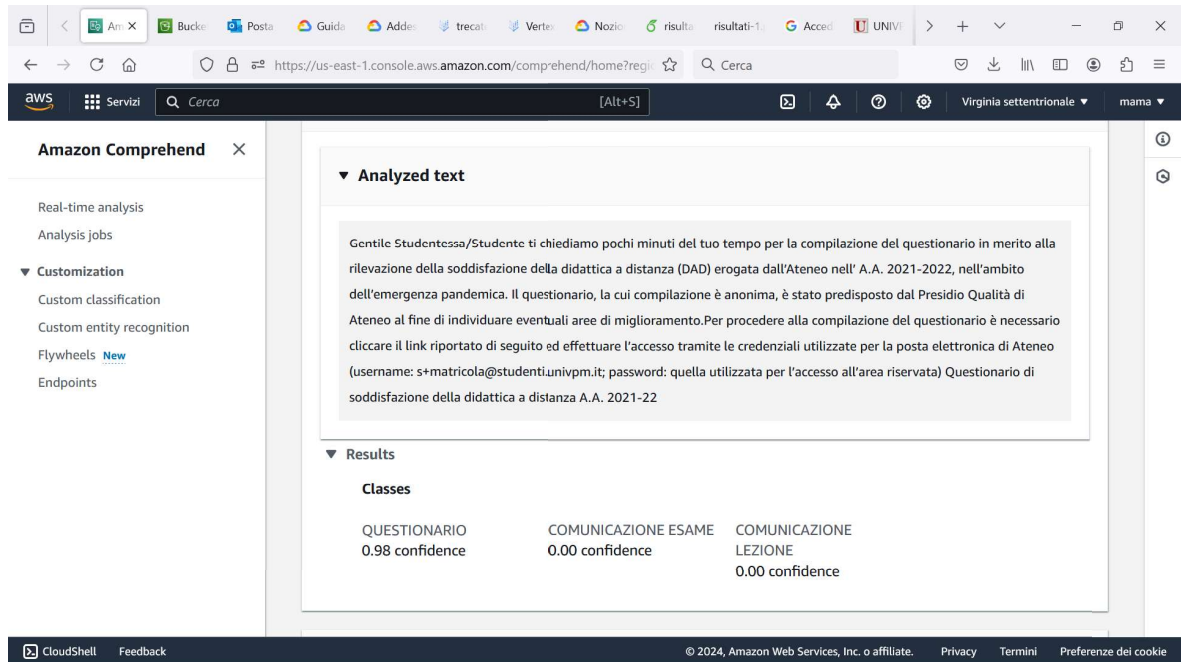


Figura 5.21: Analisi da parte di Amazon Comprehend: Custom Classification, diminuzione categorie - questionario

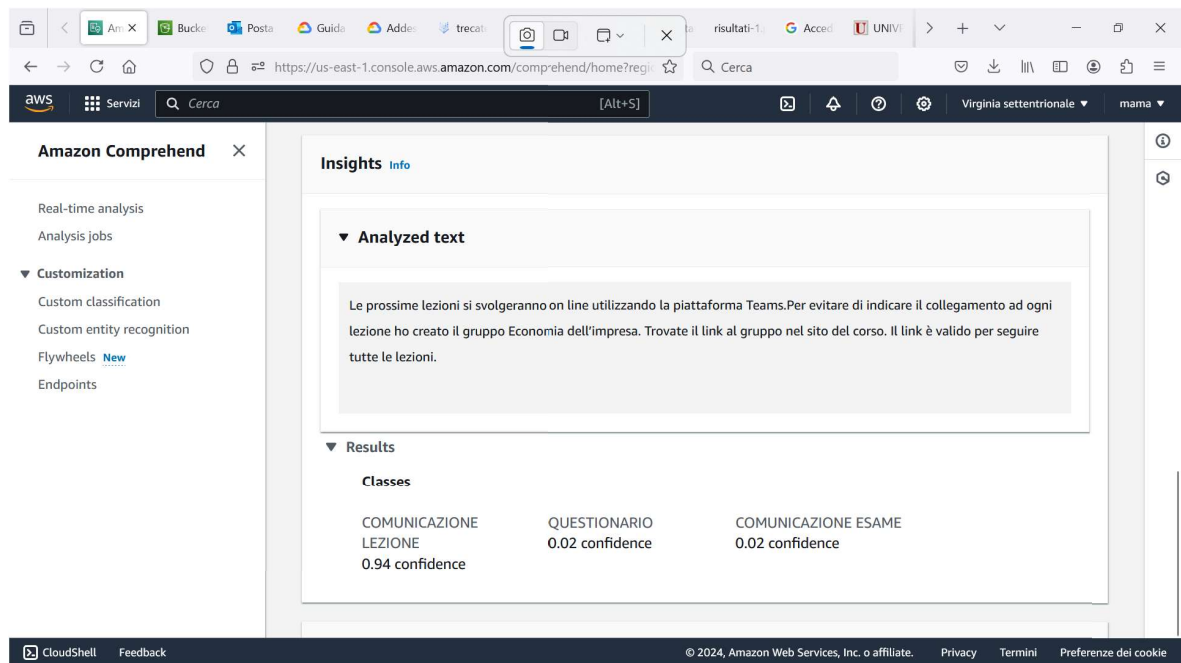


Figura 5.22: Analisi da parte di Amazon Comprehend: Custom Classification, diminuzione categorie - comunicazione lezione

- *Comunicazioni generiche*: come vediamo in Figura 5.25, la confidenza del modello nel riconoscere il testo di una mail contenente una comunicazione generica è diminuita da 0.34 a 0.12.

In sintesi, l'espansione del dataset ha contribuito a migliorare la precisione del modello in tre categorie su quattro, ma richiede ulteriori aggiustamenti per le comunicazioni generiche.

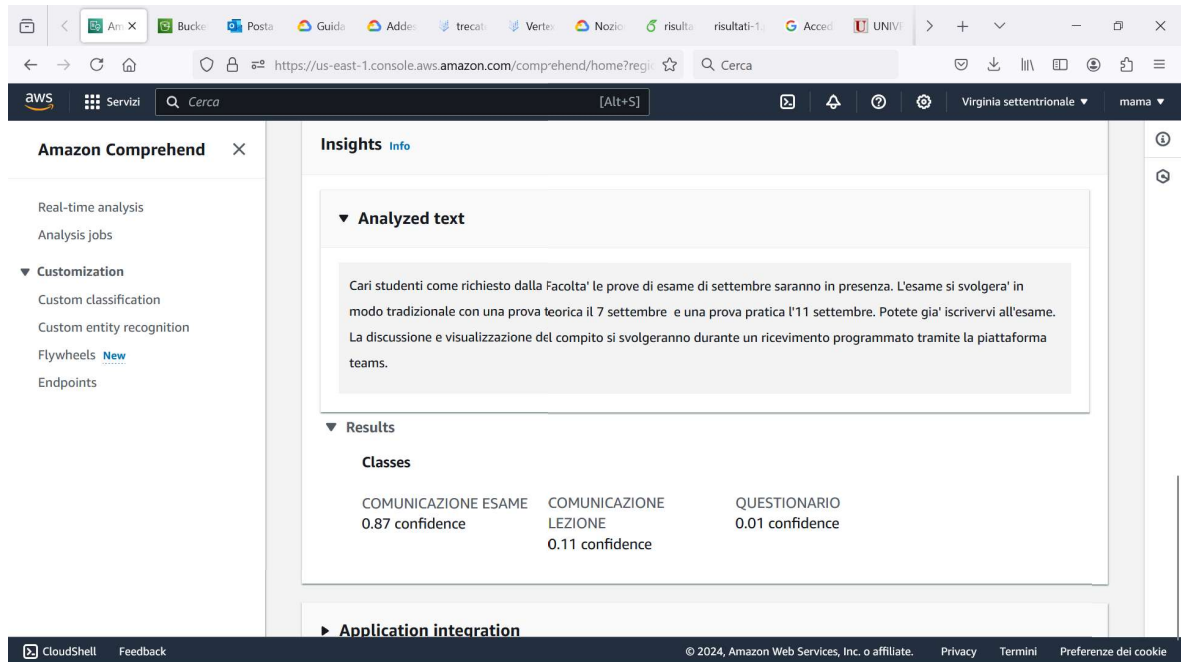


Figura 5.23: Analisi da parte di Amazon Comprehend: Custom Classification, diminuzione categorie - comunicazione esame

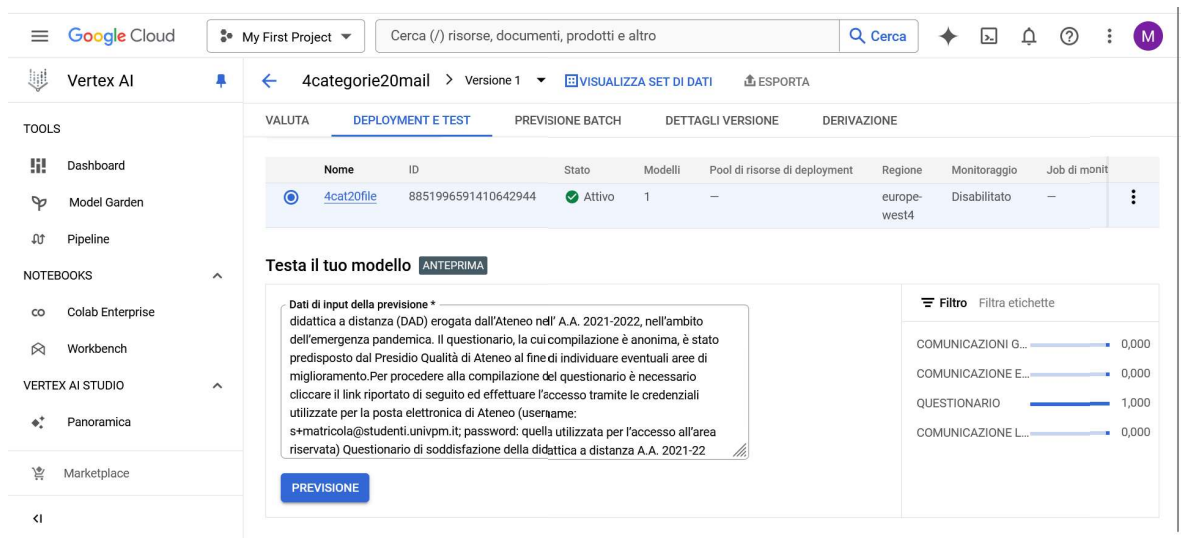


Figura 5.24: Analisi da parte di Google Vertex AI: Custom Text Classification, aumento set di dati - questionario

Risultati con aumento del set di dati e con diminuzione del numero di etichette per Google Vertex AI Custom Text Classification

Anche per il servizio offerto da Google Vertex AI, Custom Text Classification, verifichiamo la confidenza nel riconoscere le etichette corrette eliminando la categoria *comunicazioni generiche*; il set di dati fornito è lo stesso utilizzato per addestrare il servizio offerto da Amazon Comprehend.

Come notiamo nelle Figure 5.28 e 5.29, le mail relative alle etichette *questionario* e *comunicazione lezione* vengono riconosciute correttamente con un punteggio di confidenza pari ad 1, il massimo. Invece come vediamo in Figura 5.30, la mail relativa alla *comunicazione esame*

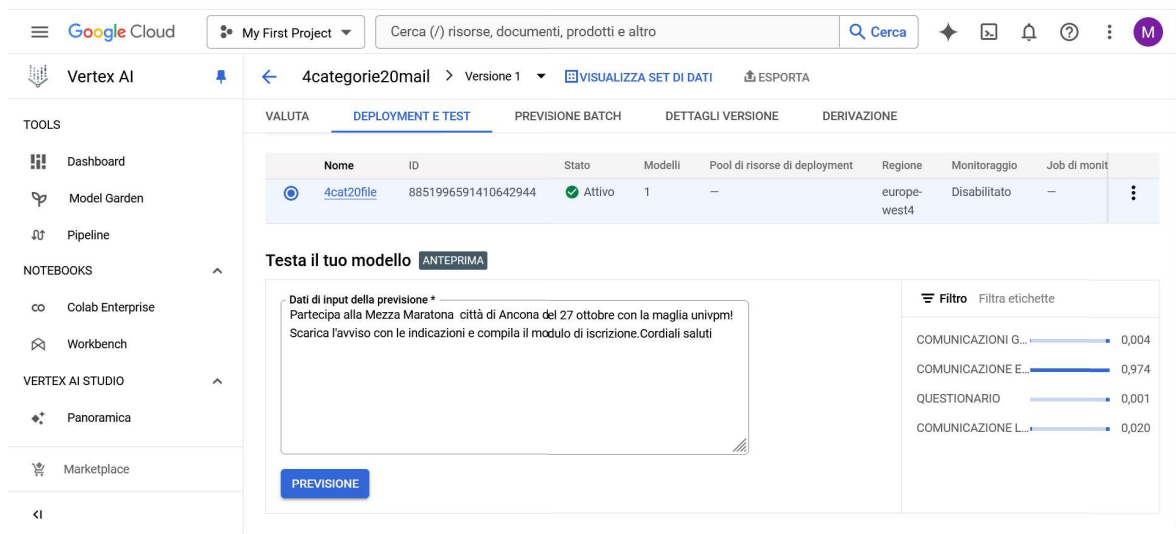


Figura 5.25: Analisi da parte di Google Vertex AI: Custom Text Classification, aumento set di dati - comunicazione generica

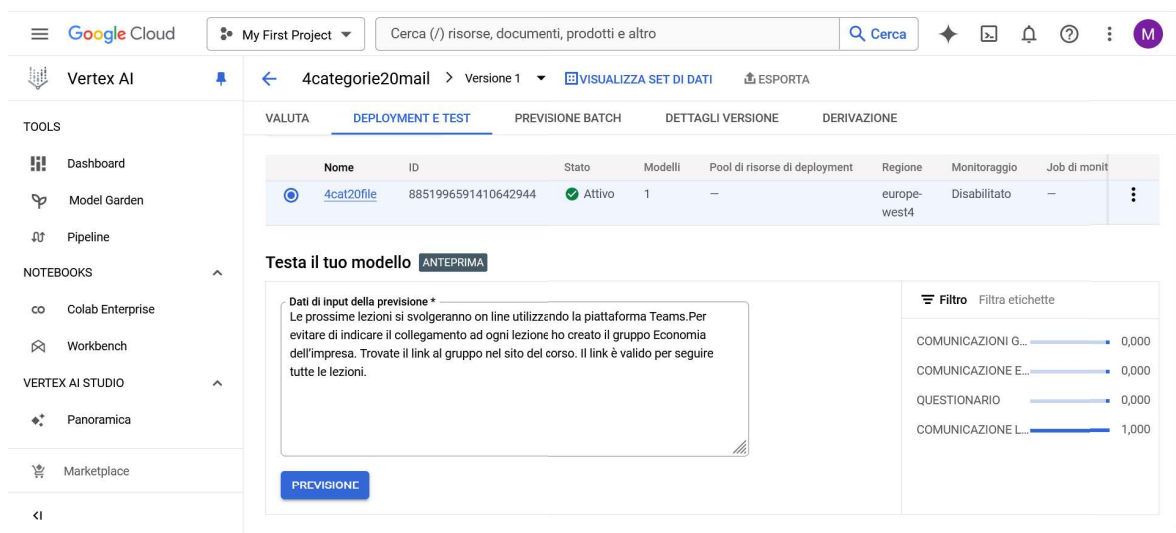


Figura 5.26: Analisi da parte di Google Vertex AI: Custom Text Classification, aumento set di dati - comunicazione lezione

viene erroneamente considerata una mail contenente una *comunicazione lezione*.

In questo caso, l'eliminazione della categoria comunicazioni generiche ha avuto un impatto limitato sull'accuratezza del modello di Google Vertex AI. Questa eliminazione sembra non aver apportato significativi miglioramenti complessivi, anzi, ha peggiorato la capacità del modello di distinguere correttamente la categoria comunicazione esame.

5.5 Conclusioni sulla Classificazione Automatica dei Testi

La Tabelle 5.2 e 5.3 riassumono le prestazioni dei modelli per ciascuna categoria e per i diversi set di dati utilizzati nell'addestramento.

Amazon Comprehend ha mostrato un miglioramento significativo all'aumentare del numero di email per categoria, con confidenze più alte per *questionario* e *lezione* (fino a valori prossimi a 1). Le mail contenenti categorie generiche hanno evidenziato difficoltà di

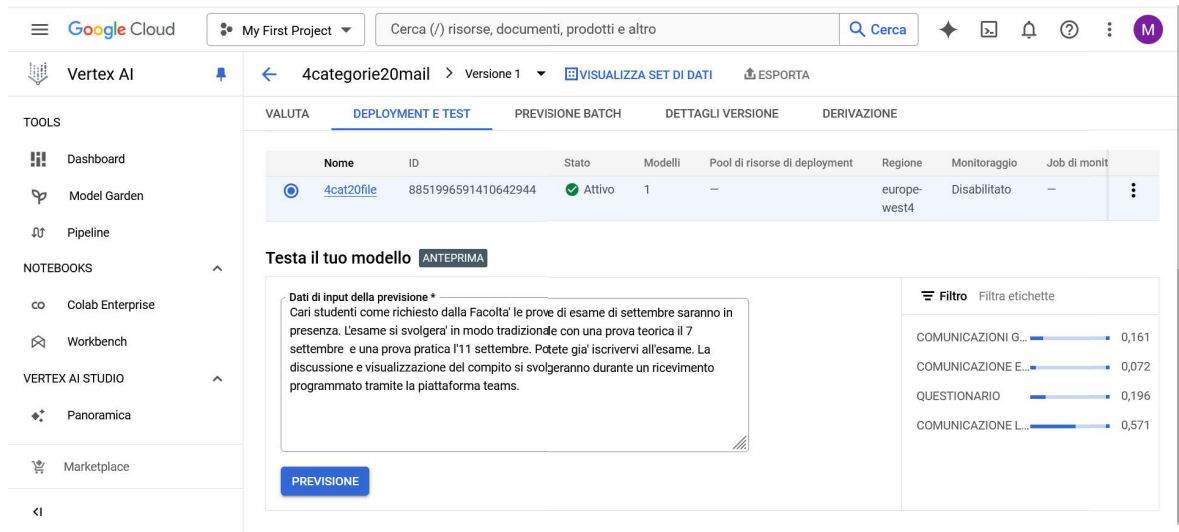


Figura 5.27: Analisi da parte di Google Vertex AI: Custom Text Classification, aumento set di dati - comunicazione esame

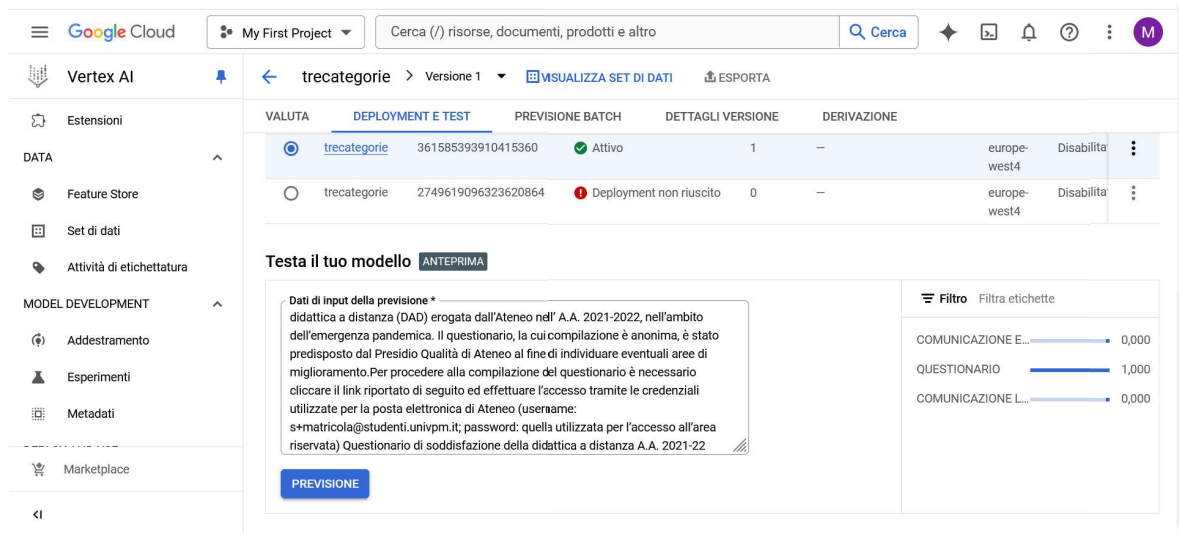


Figura 5.28: Analisi da parte di Google Vertex AI: Custom Text Classification, diminuzione categorie - questionario

etichetta	confidenza per etichetta - 10 mail per 4 categorie	confidenza per etichetta - 20 mail per 4 categorie	confidenza per etichetta - 20 mail per 3 categorie
questionario	0.29	0.51	0.98
esame	0.27	0.55	0.87
lezione	0.58	0.79	0.94
generica	0.29	0.12	-

Tabella 5.2: Confronto delle classificazioni con diversi set di dati da parte di Amazon Comprehend

classificazione, con confidenze molto basse (0.29 e 0.12). Nel complesso, le prestazioni di Amazon Comprehend migliorano con l'aumentare della quantità di dati di addestramento. Il modello mostra una buona capacità di adattamento alle modifiche strutturali del dataset, dimostrando flessibilità e robustezza in scenari di categorizzazione più semplici.

Google Cloud Vertex AI ha mostrato elevate prestazioni nel riconoscimento delle cate-

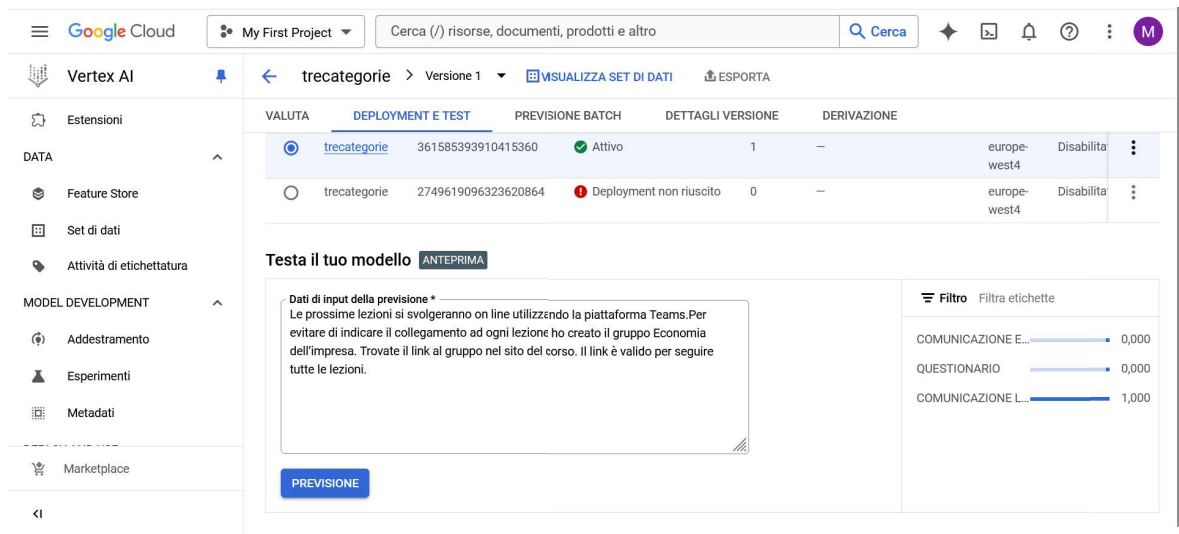


Figura 5.29: Analisi da parte di Google Vertex AI: Custom Text Classification, diminuzione categorie - comunicazione lezione

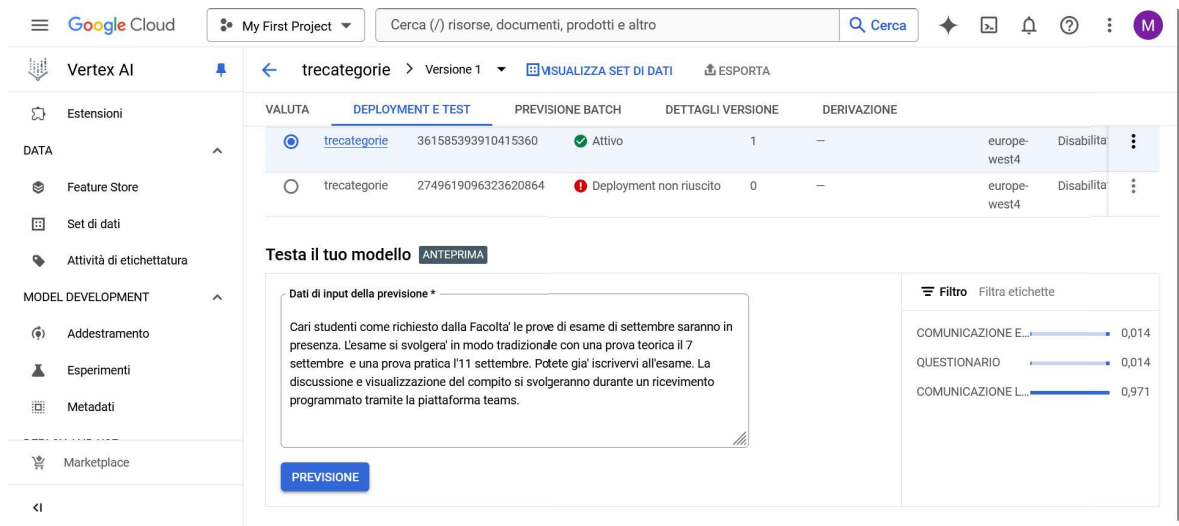


Figura 5.30: Analisi da parte di Google Vertex AI: Custom Text Classification, diminuzione categorie - comunicazione esame

etichetta	confidenza per etichetta - 10 mail per 4 categorie	confidenza per etichetta - 20 mail per 4 categorie	confidenza per etichetta - 20 mail per 3 categorie
questionario	0.985	1	1
esame	0.838	0.974	0.014
lezione	0.568	1	1
generica	0.351	0.004	-

Tabella 5.3: Confronto delle classificazioni con diversi set di dati da parte di Google Cloud Vertex AI

gorie *questionario* e *lezione*, raggiungendo confidenza pari a 1 quando il set di dati è stato raddoppiato. Anche con un set di dati ridotto, il modello ha mantenuto punteggi elevati per queste categorie, dimostrando una solida capacità di classificazione.

Tuttavia, per la categoria *esame*, la confidenza è diminuita drasticamente a 0.014 dopo la riduzione del numero di etichette di classificazione, nonostante i punteggi di confidenza

elevati ottenuti con i dataset di 10 e 20 mail per 4 categorie. Ciò suggerisce che il modello potrebbe aver utilizzato la presenza della categoria *generica* come riferimento al fine di migliorare la classificazione di *esame*.

Inoltre, il set di dati arricchito con 10 mail per ogni categoria non ha portato miglioramenti per la categoria *generica*, il cui punteggio di confidenza è crollato da 0.351 a 0.004. Ciò indica che il modello ha avuto difficoltà a gestire e classificare correttamente le comunicazioni generiche, mostrando una debolezza nel trattare categorie meno definite e più ambigue.

Contrariamente a quanto osservato con Amazon Comprehend, che ha mostrato una maggiore resilienza e adattabilità alle modifiche del dataset, Google Cloud Vertex AI ha mostrato una significativa difficoltà di adattamento.

Un'ulteriore considerazione riguarda il tempo di addestramento del modello, che ha mostrato differenze notevoli tra i due servizi. Come illustrato nelle Figure 5.31 e 5.32, il tempo necessario al fine di addestrare un modello utilizzando 20 email di test per 3 categorie è stato significativamente più lungo per Google Cloud Vertex AI, impiegando 7 ore e 19 minuti, rispetto ai 37 minuti richiesti da Amazon Comprehend. Questa differenza indica un'efficienza di addestramento notevolmente superiore per Amazon Comprehend.

The screenshot shows the Amazon Comprehend console interface. The main content area displays the details for a custom classification endpoint named 'trecategorie'. The endpoint is active and has a total active time of 0 hours and 37 minutes, with an estimated hourly cost of \$1.80. The custom model type is 'Classifier' and the model name is 'CustomMailUniversitaria'. The endpoint was created on 22/8/2024 at 11:49:20 and last modified at the same time. The inference units are 1 IU.

Endpoint details			
Name	ARN	Total active time	Custom model type
trecategorie	arn:aws:comprehend:us-east-1:017820666097:document-classifier-endpoint/trecategorie	0hr 37min	Classifier
Status		Estimated hourly cost	Model name
Active		\$1.80	CustomMailUniversitaria
Inference units	Creation time		Version name
1 IU	22/8/2024, 11:49:20		TRECATEGORIE
	Last modified time		
	22/8/2024, 11:49:20		

Figura 5.31: Risultato delle analisi da parte di Amazon Comprehend: Custom Classification

The screenshot shows the Google Cloud Vertex AI console interface. The main content area displays the training pipeline for a custom text classification model. The pipeline is named 'trecategorie' and is currently in the 'Formazione' (Training) phase. The training duration is 7 hours and 19 minutes, and the last update was on 22 ago 2024, 19:05:43. The data creation date is 22 ago 2024, 11:46:29, and the data/finish time is 22 ago 2024, 19:05:43. The model type is 'Classificazione del testo (con etichetta singola)'.

Nome	Tipo di modello	Duration	Ultimo aggiornamento	Data creazione	Data/ora di fine	Etichette
trecategorie	Classificazione del testo (con etichetta singola)	7 h 19 min	22 ago 2024, 19:05:43	22 ago 2024, 11:46:29	22 ago 2024, 19:05:43	-
4categorie20mail		-	22 ago 2024, 15:01:32	22 ago 2024,	22 ago 2024,	-

Figura 5.32: Risultato delle analisi da parte di Google Vertex AI: Custom Text Classification

Discussione sul lavoro svolto

In questo capitolo discuteremo i risultati ottenuti durante il lavoro di tesi, le difficoltà affrontate, le scelte metodologiche, nonché le implicazioni pratiche delle soluzioni implementate. Saranno inoltre esplorate le potenziali direzioni future e gli aspetti che potrebbero essere migliorati o approfonditi.

6.1 Introduzione

Nel corso di questa tesi è stato effettuato un confronto tra due delle principali piattaforme di Cloud Computing per l'elaborazione del linguaggio naturale e il riconoscimento del testo, ovvero Amazon Web Services e Google Cloud. L'obiettivo principale era valutare le prestazioni di questi servizi in contesti specifici, come la classificazione del testo, l'analisi del sentiment e l'estrazione di testo da immagini. Il lavoro si è concentrato su Amazon Comprehend e Google Cloud Natural Language per l'analisi del sentiment e la classificazione automatica del testo, e su Amazon Rekognition e Google Cloud Vision per l'estrazione automatica del testo dalle immagini.

6.1.1 Estrazione di Testo dalle Immagini

L'estrazione automatica di testo dalle immagini da parte di Amazon Rekognition e di Google Cloud Vision ha presentato approcci simili con risultati distinti.

Amazon Rekognition si è rivelato efficace nel riconoscimento di testi semplici, ma ha presentato un limite importante, spesso, infatti, le parole venivano suddivise in unità separate, compromettendo la coerenza del testo complessivo. Questa frammentazione rendeva più difficile ricostruire il messaggio originario, specialmente in contesti dove la disposizione del testo è cruciale per la comprensione. Al contrario, Google Cloud Vision ha dimostrato una maggiore precisione e affidabilità nel riconoscimento del testo. Non solo ha rilevato in modo accurato testi stilizzati e complessi, ma ha anche prodotto un output più coerente e completo. Inoltre, ha dimostrato la capacità di identificare dettagli più sottili e meno evidenti.

6.1.2 Analisi del Sentiment

Il confronto tra Amazon Comprehend e Google Cloud Natural Language ha messo in evidenza differenze significative nell'approccio all'analisi del sentiment. Amazon Comprehend

offre una classificazione netta e chiara, etichettando il testo come positivo, negativo, neutro o misto, con un livello di confidenza associato.

Google Cloud Natural Language, invece, fornisce una valutazione più dettagliata. Oltre alla classificazione del sentiment, assegna un punteggio numerico e una magnitudine che indica l'intensità del sentimento espresso. Inoltre, Google Cloud permette di analizzare il sentiment a livello di singole frasi, fornendo una maggiore granularità e consentendo di cogliere variazioni emotive all'interno dello stesso testo.

Queste differenze si sono riflesse nei risultati ottenuti, infatti, mentre Amazon Comprehend tende a fornire una classificazione netta, Google Cloud ha mostrato una maggiore capacità di rappresentare la complessità emotiva dei testi analizzati, grazie all'utilizzo della magnitudine e dell'analisi frammentata del sentiment.

6.1.3 Classificazione Automatica dei Testi

La classificazione automatica dei testi è stata affrontata utilizzando il servizio di Custom Classification di Amazon Comprehend ed il servizio di Custom Text Classification di Google Cloud Vertex AI, con diverse configurazioni di dataset e categorie.

Le prestazioni di Amazon Comprehend hanno mostrato miglioramenti all'aumentare del numero di email per ciascuna categoria. Tale servizio ha evidenziato una buona capacità di adattamento ai cambiamenti nei dati di addestramento, migliorando significativamente le sue prestazioni con dataset più ampi.

Google Cloud Vertex AI, d'altra parte, ha raggiunto livelli di accuratezza molto elevati nelle categorie ben definite come *lezione* e *questionario*, mostrando una capacità di classificazione solida anche con set di dati limitati. Tuttavia, quando le categorie sono state ridotte, il modello ha mostrato una maggiore variabilità nelle sue prestazioni, in particolare nella categoria *esame*, dove la confidenza è crollata drasticamente.

6.2 Implicazioni e Applicazioni Pratiche

L'analisi comparativa tra Amazon Web Services e Google Cloud ha mostrato come entrambe le piattaforme offrano una vasta gamma di strumenti per l'elaborazione del linguaggio naturale e l'estrazione del testo, con potenziali applicazioni in diversi contesti pratici. Di seguito sono riportate alcune delle principali implicazioni pratiche derivanti da questo studio e le possibili applicazioni nei settori aziendale, legale, sanitario ed educativo.

6.2.1 Settore Aziendale

Nel contesto aziendale, l'implementazione di tecnologie di Natural Language Processing, come quelle offerte da Amazon Web Services e Google Cloud, può portare significativi miglioramenti in termini di efficienza e automazione. La *classificazione automatica delle email*, ad esempio, rappresenta un'applicazione pratica che può snellire la gestione quotidiana delle comunicazioni aziendali, riducendo il carico di lavoro manuale e migliorando l'accuratezza nella categorizzazione delle informazioni. Aziende che gestiscono un elevato volume di email, documenti o richieste da parte dei clienti possono trarre vantaggio dall'adozione di soluzioni automatizzate per l'organizzazione dei contenuti.

Inoltre, le capacità di *analisi del sentiment* offerte da AWS Comprehend e Google Natural Language possono fornire preziosi insight per il monitoraggio del feedback dei clienti, la gestione della reputazione aziendale sui social media e l'ottimizzazione delle campagne di marketing. Attraverso l'analisi automatizzata delle opinioni espresse dai clienti, le aziende

possono rispondere tempestivamente a eventuali criticità e adattare le proprie strategie in base alle esigenze del mercato.

6.2.2 Settori Legale e Finanziario

L'adozione di strumenti per l'estrazione automatica del testo da immagini o documenti digitalizzati ha importanti implicazioni nei settori legale e finanziario. Amazon Rekognition e Google Cloud Vision possono essere utilizzati al fine di processare documenti legali, contratti, fatture e report finanziari, riducendo il tempo necessario per svolgere verifiche e migliorando la precisione complessiva. Ciò può avere un impatto significativo nelle attività di gestione documentale, garantendo una maggiore efficienza e una riduzione del rischio di errori.

In particolare, la capacità di Google Cloud Vision di riconoscere testi complessi e stilizzati risulta particolarmente utile nei processi di digitalizzazione di documenti legali, dove l'accuratezza dell'estrazione delle informazioni è fondamentale. Allo stesso modo, nel settore finanziario, l'utilizzo di queste tecnologie per l'automatizzazione dell'analisi di grandi volumi di documenti contabili e di report può velocizzare le operazioni di verifica e approvazione.

6.2.3 Settore Sanitario

Nel settore sanitario, l'utilizzo delle tecnologie di elaborazione del linguaggio naturale può migliorare la gestione delle informazioni dei pazienti e ottimizzare i processi amministrativi. L'estrazione automatica del testo da immagini o documenti può facilitare la digitalizzazione delle cartelle cliniche e l'integrazione di dati non strutturati nei sistemi informativi sanitari. Questo può tradursi in un miglioramento dell'accesso ai dati dei pazienti e in una gestione più efficiente delle informazioni sanitarie.

Inoltre, l'analisi del sentiment può essere applicata al monitoraggio del benessere emotivo dei pazienti, ad esempio attraverso l'analisi delle interazioni con chatbot medici o piattaforme di assistenza online. Questo potrebbe fornire ai professionisti sanitari indicazioni tempestive sullo stato emotivo dei pazienti, consentendo un'assistenza più personalizzata e tempestiva.

6.2.4 Settore Educativo

Nel contesto educativo, le soluzioni di Natural Language Processing offerte da Amazon Web Services e Google Cloud possono essere utilizzate al fine di automatizzare e migliorare la gestione dei contenuti didattici. La *classificazione automatica dei testi* può supportare gli insegnanti nella valutazione dei compiti e nell'organizzazione del materiale didattico, facilitando la gestione di grandi volumi di dati educativi.

Un'applicazione pratica potrebbe essere l'implementazione di strumenti per la categorizzazione automatica di contenuti educativi, come lezioni, quiz ed esami, aiutando le piattaforme di e-learning a fornire un'esperienza didattica più personalizzata e interattiva. Inoltre, l'analisi del sentiment potrebbe essere utilizzata al fine di monitorare il coinvolgimento emotivo degli studenti nelle attività online, consentendo agli insegnanti di adattare i metodi di insegnamento in base alle necessità individuali degli studenti.

6.3 Limiti dello Studio

Questo studio si è concentrato su un set di dati relativamente ridotto e su un ambito di applicazione circoscritto, focalizzandosi su tre casi d'uso principali: la classificazione delle email, l'estrazione del testo da immagini stilizzate e l'analisi del sentiment nei testi. Sebbene i risultati ottenuti siano indicativi delle prestazioni di Amazon Web Services e Google Cloud,

essi potrebbero non rappresentare a tutto tondo il potenziale delle due piattaforme, specialmente in contesti più complessi, come quelli industriali, o con dataset significativamente più ampi e variegati.

Per quanto riguarda la classificazione delle email, i test hanno evidenziato differenze di accuratezza e adattabilità tra i servizi di Amazon Comprehend e Google Cloud Vertex AI. Tuttavia, l'analisi è stata limitata a un numero ristretto di categorie e messaggi, e non ha esplorato completamente le capacità di gestione di comunicazioni più strutturate o in ambienti con volumi di dati molto più elevati, come le grandi organizzazioni aziendali. Un'espansione del dataset e un approfondimento delle diverse configurazioni di categorie potrebbe offrire una visione più completa delle potenzialità dei modelli di classificazione automatica.

Per l'estrazione del testo da immagini stilizzate, l'analisi cloud di Amazon Rekognition e Google Cloud Vision ha rivelato vantaggi distinti, con Google che si è dimostrato più efficace nel riconoscimento di testi complessi. Tuttavia, il lavoro si è limitato a poche immagini. Un'estensione futura potrebbe includere un'analisi in contesti più eterogenei, come il riconoscimento di scrittura a mano o di testi in ambienti con basso contrasto.

L'analisi del sentiment ha mostrato una notevole differenza tra l'approccio più semplice di Amazon Comprehend e la granularità dettagliata di Google Cloud Natural Language. Anche in questo caso, però, l'ambito di applicazione è stato limitato a dataset circoscritti, e ulteriori sviluppi potrebbero considerare la valutazione di testi più complessi, come recensioni di prodotti, articoli e trascrizioni di interviste. Inoltre, l'analisi del sentiment su larga scala potrebbe fornire indicazioni preziose sulle capacità delle due piattaforme di gestire flussi di dati in tempo reale, come nel monitoraggio delle opinioni sui social media.

6.4 Prospettive Future

Alla luce dei risultati ottenuti, ci sono numerose direzioni in cui questo lavoro potrebbe essere esteso per indagare le capacità delle due piattaforme. Un primo passo sarebbe l'analisi delle prestazioni su dataset più estesi e diversificati, valutando applicazioni più complesse, come la classificazione automatica di documenti aziendali, la trascrizione di contenuti multimediali o il riconoscimento del testo in documenti con formattazioni complesse.

Un'altra direzione potrebbe essere la valutazione comparativa dei costi e della scalabilità dei due servizi. Esplorare quale piattaforma offra il miglior rapporto qualità/prezzo in scenari di utilizzo su larga scala potrebbe essere utile per le aziende che cercano di implementare soluzioni cloud per l'elaborazione del linguaggio naturale. Un'analisi più approfondita potrebbe esaminare il comportamento delle piattaforme in scenari di carico elevato, dove la gestione dei costi e la capacità di scalare efficacemente diventano fattori determinanti.

Infine, un'importante area di esplorazione futura riguarda le implicazioni etiche e la protezione dei dati. Poiché l'elaborazione automatica del linguaggio naturale coinvolge spesso dati sensibili, come le email personali, sarà fondamentale valutare le politiche di privacy e sicurezza offerte dalle due piattaforme e considerare le normative vigenti in materia di protezione dei dati.

6.5 Conclusioni

Le tecnologie di Amazon Web Services e Google Cloud offrono ampie possibilità di applicazione pratica in diversi settori, dal mondo aziendale al settore legale, sanitario ed educativo. La loro capacità di automatizzare processi complessi, gestire grandi quantità di dati e analizzare il sentiment consente alle organizzazioni di migliorare l'efficienza operativa,

di ridurre i costi e di ottimizzare l'esperienza utente, rendendole strumenti fondamentali per affrontare le sfide dell'era digitale.

In conclusione, il confronto tra Amazon Web Services e Google Cloud ha messo in luce la diversità e la ricchezza degli strumenti offerti da entrambe le piattaforme per l'elaborazione del linguaggio naturale, l'analisi del sentiment e la classificazione automatica dei testi. Le soluzioni di Amazon e Google presentano approcci distinti e offrono diversi livelli di dettaglio e precisione, con caratteristiche specifiche che le rendono più adatte a certi contesti.

La scelta della piattaforma più adatta dipenderà in gran parte dal contesto di applicazione e dalle esigenze specifiche dell'utente finale. Amazon Rekognition e Comprehend possono risultare ottimali in scenari in cui si richiedono velocità, semplicità e la capacità di scalare su grandi quantità di dati, come nelle operazioni aziendali di routine e nelle applicazioni industriali. Al contrario, Google Cloud Vision e Natural Language offrono un livello di dettaglio e precisione superiore, risultando ideali per applicazioni in cui la complessità del testo, la sensibilità al contesto emotivo, e la necessità di analisi accurate giocano un ruolo critico.

Durante il nostro lavoro abbiamo condotto un'analisi comparativa approfondita tra le piattaforme Amazon Web Services e Google Cloud, focalizzandoci su tre aree principali, ovvero l'estrazione automatica di testo da immagini, l'analisi del sentiment e la classificazione automatica dei testi. L'obiettivo è stato quello di valutare le prestazioni di tali piattaforme nei contesti applicativi scelti. Per l'estrazione del testo, Amazon Rekognition e Google Cloud Vision hanno mostrato approcci diversi, con quest'ultimo che si è dimostrato superiore grazie alla sua capacità di mantenere il testo intatto, senza spezzettarlo in frammenti separati, facilitando così una comprensione più fluida e precisa, anche per testi complessi e stilizzati. Nell'analisi del sentiment, Amazon Comprehend ha offerto una classificazione chiara e netta, mentre Google Cloud Natural Language ha fornito una valutazione più dettagliata e granulare, capace di cogliere variazioni emotive all'interno dello stesso testo. Infine, nella classificazione automatica dei testi, sia Amazon Comprehend che Google Cloud Vertex AI hanno mostrato prestazioni soddisfacenti, sebbene con differenze nell'adattabilità ai dataset di diversa dimensione e complessità.

Guardando al futuro, sono diverse le possibili direzioni di sviluppo. In primo luogo, l'ampliamento dei dataset testati e l'applicazione delle tecnologie a contesti più complessi consentirebbe una valutazione più completa delle potenzialità di entrambe le piattaforme. Inoltre, una comparazione dei costi operativi e della scalabilità dei servizi offerti sarebbe fondamentale per identificare la soluzione più efficiente su larga scala. Infine, particolare attenzione dovrebbe essere posta sulle questioni etiche e sulla protezione dei dati, considerando l'utilizzo di informazioni sensibili e le normative vigenti in materia di privacy.

In conclusione, il lavoro ha evidenziato le differenze e le specificità delle piattaforme analizzate. La scelta tra Amazon Web Services e Google Cloud dipenderà dalle esigenze specifiche dell'applicazione e dal contesto in cui si opera. Amazon si distingue per la sua semplicità e velocità, il che lo rende particolarmente adatto a scenari operativi di routine, mentre Google Cloud offre una maggiore precisione e profondità analitica, ideale per contesti in cui la complessità del testo e la sensibilità del contesto sono elementi cruciali.

- BALAHUR, A. e TURCHI, M. (2015), *Sentiment Analysis: Mining Opinions, Sentiments, and Emotions*, Springer, Cham, Switzerland.
- BARBOSA, T., PINTO, J. e AZEVEDO, H. (2019), «Amazon Web Services: Overview of Amazon's Cloud Computing Platform», *IEEE Access*, vol. 7, p. 136 648–136 661.
- BORGA, M. e VENERIS, A. (2021), «Comparative Study of Cloud Service Providers: AWS, GCP, and Azure», *International Journal of Computer Applications*, vol. 179 (10), p. 20–26.
- BORRA, P. (2024), «Comparison and Analysis of Leading Cloud Service Providers (AWS, Azure and GCP)», *International Journal of Advanced Research in Engineering & Technology*.
- BRYNJOLFSSON, E. e MCAFEE, A. (2017), «Artificial Intelligence and the Future of Work», *Harvard Business Review*, vol. 95 (4), p. 10–12, URL <https://hbr.org/2017/07/artificial-intelligence-and-the-future-of-work>.
- GARCÍA, L. e RODRÍGUEZ, J. (2019), «Artificial Intelligence and Cloud Computing: A Synergistic Relationship», *Journal of Cloud Computing: Advances, Systems and Applications*, vol. 8 (1), p. 1–15.
- JIANG, F., JIANG, Y., ZHI, H. e ET AL. (2017), «AI in Healthcare: Past, Present and Future», *Nature Biomedical Engineering*, vol. 1 (1), p. 1–8.
- MCCARTHY, J., MINSKY, M. L., ROCHESTER, N. e SHANNON, C. E. (1956), «A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence», Report for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence.
- PAL, S. e GUPTA, V. (2019), *Deep Learning for Natural Language Processing*, Springer, Singapore.
- PANG, B. e LEE, L. (2008), «Opinion Mining and Sentiment Analysis», *Foundations and Trends in Information Retrieval*, vol. 2 (1-2), p. 1–135.
- RANJAN, R., SAHOO, R. e GUPTA, S. (2019), «Comparative Study of Optical Character Recognition for Printed and Handwritten Text», *International Journal of Computer Applications*, vol. 975 (8887), p. 7–12.
- RUSSELL, S. e NORVIG, P. (2016), *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, Pearson, Upper Saddle River, NJ, 3rd ed.

- SARASWAT, M. e TRIPATHI, R. C. (2020), «Cloud Computing: Comparison and Analysis of Cloud Service Providers - AWS, Microsoft and Google», in «2020 9th International Conference System Modeling and Advancement in Research Trends (SMART)», p. 281–285, IEEE, Moradabad, India, disponibile a questo indirizzo: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9337100>.
- SEBASTIANI, F. (2002), *Text Classification Algorithms: A Survey*, vol. 34, ACM Computing Surveys.
- SINGH, D., GUPTA, A. e KUMAR, A. (2022), «Sentiment Analysis Using AWS and GCP: A Comparative Study», *Journal of Big Data*, vol. 9 (1), p. 1–15.
- VASWANI, A., SHAZEER, N., PARMAR, N., USZKOREIT, J., JONES, L., GOMEZ, A. N. e ŁUKASZ KAISER (2017), «Attention Is All You Need», in «Advances in Neural Information Processing Systems 30 (NIPS 2017)», p. 5998–6008, NeurIPS, disponibile a questo indirizzo: <https://arxiv.org/abs/1706.03762>.
- ZHANG, W. e LIU, X. (2020), «A Comparative Study of OCR Technologies for Document Processing», in «Proceedings of the 12th International Conference on Document Analysis and Recognition», p. 150–156.

- ABBYY, FineReader – www.abbyy.com/finereader/
- AI4Business – www.ai4business.it/intelligenza-artificiale
- Amazon, Comprehend – aws.amazon.com/comprehend/
- Amazon Rekognition – aws.amazon.com/rekognition/
- AWS, Machine Learning on AWS – aws.amazon.com/machine-learning
- AWS, S3 – docs.aws.amazon.com/s3/
- AWS, What is Cloud Computing? – aws.amazon.com/what-is-cloud-computing
- Canalys – www.canalys.com/newsroom/worldwide-cloud-services-q2-2024
- DigitalOcean, Comparing AWS, Azure, GCP – www.digitalocean.com/resources/articles/comparing-aws-azure-gcp
- Google Cloud, Cloud AI Solutions – cloud.google.com/solutions/ai
- Google Cloud, Machine Learning Products – cloud.google.com/products/ai
- Google Cloud, Natural Language API – cloud.google.com/natural-language
- Google Cloud Vision AI – cloud.google.com/vision
- Google Cloud, AutoML – cloud.google.com/natural-language/automl
- Google Cloud, NL Sentiment Analysis – cloud.google.com/natural-language/docs/analyzing-sentiment
- HPE, What is AI Cloud? – www.hpe.com/it/it/what-is/ai-cloud.html
- Hugging Face, Transformers – huggingface.co/transformers/
- IBM – www.ibm.com/cloud/watson-natural-language-understanding

-
- IBM Watson Oncology– www.ibm.com/docs/en/announcements/watson-oncology?region=CAN
 - La Conferenza di Dartmouth del 1956– zweilawyer.com/2023/06/06
 - Microsoft Azure– azure.microsoft.com/en-us/services/cognitive-services/text-analytics/
 - Oracle– www.oracle.com/it/chatbots/what-is-a-digital-assistant
 - PaddleOCR– github.com/PaddlePaddle/PaddleOCR
 - Red Hat, Cloud Topics– www.redhat.com/it/topics/cloud
 - SAS, Five AI Technologies– www.sas.com/it_it/insights/articles/analytics/five-ai-technologies.html
 - SAS, Text Analytics– www.sas.com/en_us/solutions/analytics/text-analytics.html
 - Spiceworks, What is Cloud Computing? – www.spiceworks.com/tech/cloud/articles/what-is-cloud-computing

Ringraziamenti

Grazie al Professor Ursino per il tempo dedicatomi e per la disponibilità con cui ha guidato la stesura di questo lavoro.

Grazie ai miei genitori, senza il cui sostegno questo percorso non avrebbe visto una fine. Se riuscirò ad offrire ad Alice anche solo un piccolo riflesso dell'amore e dell'aiuto che voi mi date, potrò dirmi soddisfatta. Siete il mio esempio e la mia vita.

Grazie a Raffaella per aver alleggerito i minuti prima di un esame con le sue poesie, e ad Angelo per avermi sempre considerata più brava di quanto fossi.

Grazie a zio Marco per le fotocopie.

Grazie a Marcella per la sua preziosa presenza.

Grazie a chi ha condiviso con me questo percorso: ogni gesto di supporto ed ogni parola di incoraggiamento hanno fatto la differenza.

Grazie alla mia piccola Alice per avermi insegnato a scrivere con una mano e a dondolare con l'altra.