

Università Politecnica delle Marche
Facoltà di Ingegneria
Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione
Corso di Laurea in Ingegneria Informatica e dell'Automazione



Tesi di Laurea

Utilizzo di tool di Intelligenza Artificiale Discriminativa per l'estrazione di conoscenza a partire da dati nel contesto Automotive

Usage of Discriminative Artificial Intelligence tools for the extraction of knowledge from Automotive data

Relatore

Prof. Domenico Ursino

Candidato

Giacomo Revel

Anno Accademico 2025–2026

"Ogni scoperta autentica diventa il punto di partenza per una conoscenza più alta. Il

progresso non è un salto improvviso, ma una scala costruita con pazienza, nella quale ogni verità prepara la successiva.”

Leonardo da Vinci

Sommario

Negli ultimi anni l'Intelligenza Artificiale ha assunto un ruolo sempre più centrale nello sviluppo di tecnologie innovative, trovando nel settore Automotive uno degli ambiti più avanzati e promettenti. Questa tesi nasce dall'analisi dell'interazione tra sistemi di Intelligenza Artificiale e il mondo dell'automobile, con particolare attenzione all'impiego di strumenti e servizi offerti da Amazon Web Services (AWS). Su questo sfondo vengono approfondite diverse applicazioni dell'AI, tra cui la Computer Vision, l'analisi dei dati, l'automazione intelligente e il supporto ai processi decisionali, evidenziandone il potenziale nell'aumento della sicurezza, dell'efficienza e della connettività dei veicoli. L'obiettivo prefissato era inquadrare teoricamente questa trasformazione e mostrare come l'integrazione tra Intelligenza Artificiale, Cloud Computing e Automotive non rappresenti soltanto un'evoluzione tecnica, ma una prospettiva concreta di cambiamento, capace di rendere la mobilità più accessibile e vicina ai bisogni delle persone.

Keywords: Intelligenza Artificiale (AI), Automotive, Amazon Web Services (AWS), Machine Learning (ML), Computer Vision, Cloud Computing, Mobilità Intelligente

1 Intelligenza Artificiale 2

1.1	Che cos'è l'Intelligenza Artificiale	2
1.1.1	Definizione di Intelligenza Artificiale.....	2
1.1.2	Come e dove si utilizza l'Intelligenza Artificiale	3
1.2	Nascita ed evoluzione dell'Intelligenza Artificiale	5
1.2.1	Turing Test	5
1.2.2	Dal concetto di Standard Model al Cognitive Model	6
1.2.3	Reti neurali e Machine Learning	6
1.3	Big Data e Tecnologie Avanzate	7
1.3.1	L'avvento dei Big Data	7
1.3.2	Deep Learning	8
1.3.3	Computer Vision	9
1.4	Intelligenza Artificiale nel settore Automotive	9
1.4.1	ADAS (Sistemi avanzati di assistenza alla guida)	9
1.4.2	Guida Autonoma	11
1.4.3	Etica e sicurezza sulla guida autonoma	12

2 Amazon Web Services 13

2.1	Cloud Computing	13
2.1.1	Come funziona il Cloud Computing	13
2.1.2	Utilizzi del Cloud Computing	15
2.2	Amazon Web Services	17
2.2.1	Il sistema AWS e i suoi Tool	17
2.2.2	Nascita di Amazon Web Services	18
2.2.3	AWS oggi	20

2.3	Amazon Web Services e il mondo Automotive	21
2.3.1	Tool di AWS per sistemi ADAS e guida autonoma	21
3	Utilizzo di Amazon Rekognition per l'identificazione di segnaletica stradale	22
3.1	Introduzione alla Computer Vision	22
3.1.1	Nascita e funzionamento della Computer Vision	22
3.1.2	Tecniche di riconoscimento automatico	23
3.2	Amazon Rekognition	25
3.2.1	Funzionamento di Amazon Rekognition	25
3.2.2	Principali utilizzi di Amazon Rekognition	25
3.3	Amazon Rekognition nel contesto Automotive	27
3.3.1	Casi d'uso	27
3.3.2	Affidabilità di Amazon Rekognition	30
3.3.3	Possibili sviluppi futuri	32
4	Utilizzo di Amazon Comprehend per l'estrazione di terminologia tecnica	33
4.1	Amazon Comprehend	33
4.1.1	Funzionamento di Amazon Comprehend	33
4.1.2	Principali utilizzi di Amazon Comprehend	34
4.2	Amazon Comprehend nel contesto Automotive	35
4.2.1	Casi d'uso	35
4.2.2	Assistente di bordo "intelligente"	37
4.2.3	Utopia di un mondo automobilistico automatizzato	39
5	Utilizzo di Amazon SageMaker per l'analisi di dataset sul settore automobilistico	40
5.1	Data Analysis	40
5.1.1	Che cos'è la Data Analysis	40
5.1.2	Possibili applicazioni del Data Analysis	41
5.2	Amazon SageMaker	42
5.2.1	Come funziona Amazon SageMaker	42
5.2.2	Esplorazione delle funzionalità di Amazon SageMaker	43

5.2.3	Amazon SageMaker Data Wrangler	44
5.3	Amazon SageMaker Data Wrangler nel contesto Automotive	45

5.3.1	Casi d'uso tecnico	45
5.3.2	Casi d'uso commerciale	51
5.3.3	Data Analysis nel mondo Automotive	53
5.3.4	Sguardo al futuro: Mondo automobilistico autocomandato	53

6 Discussione della tesi 55

6.1	Riconoscimento di segnaletica stradale con Amazon Rekognition: considerazioni finali	55
6.2	Estrazione di terminologia tecnica con Amazon Comprehend: considerazioni finali	56
6.3	Analisi di dataset con Amazon SageMaker: considerazioni finali	56

Conclusioni	58
--------------------	-----------

Bibliografia	60
---------------------	-----------

Sitografia	61
-------------------	-----------

Ringraziamenti	62
-----------------------	-----------

Elenco delle figure

1.1	Flusso di funzionamento dell'Intelligenza Artificiale	3
1.2	Un grafico a barre che confronta l'adozione dell'Intelligenza Artificiale per settore tra il 2025 e il 2020	4
1.3	Un grafico a barre che confronta l'adozione dell'Intelligenza Artificiale tra i diversi paesi dell'EU nel 2023 e nel 2024	5
1.4	Alan Turing	6
1.5	Differenza tra Machine Learning e Deep Learning	8
1.6	Schema base di un sistema ADAS	10
1.7	Esempio di veicolo dotato di sensori per la guida autonoma	11
1.8	Logo di Waymo	12
2.1	Grafico a barre che illustra le modalità di utilizzo del Cloud Computing da parte delle aziende nel 2025	15
2.2	Un grafico a barre che confronta l'adozione del Cloud Computing tra i diversi paesi dell'EU tra il 2023 e il 2025	16

2.3	Logo di Amazon Web Services	17
2.4	Diagramma a torta che mostra i vari tool di AWS disponibili a seconda dei vari utilizzi	19
3.1	Funzionamento Amazon Rekognition	25
3.2	Flusso di funzionamento di Amazon Rekognition per la verifica e il riconoscimento di documenti d'identità	26
3.3	Esempio di utilizzo di Amazon Rekognition	27
3.4	Primo esempio di riconoscimento riuscito in una dinamica urbana	28
3.5	Secondo esempio di riconoscimento riuscito in una dinamica urbana	28
3.6	Primo esempio di riconoscimento parzialmente riuscito in una dinamica urbana ...	29
3.7	Secondo esempio di riconoscimento parzialmente riuscito in una dinamica urbana ...	29
3.8	Primo esempio di riconoscimento fallito in una dinamica urbana	30
3.9	Secondo esempio di riconoscimento fallito in una dinamica urbana	30
3.10	Grafico per il rischio per frequenza di errore	31
3.11	Grafico che illustra la degradazione dell'accuratezza in condizioni avverse	31
4.1	Funzionamento a livello concettuale di Amazon Comprehend	34
4.2	Primo esempio di utilizzo di Amazon Comprehend	35
4.3	Secondo esempio di utilizzo di Amazon Comprehend	36
4.4	Terzo esempio di utilizzo di Amazon Comprehend	36
4.5	Quarto esempio di utilizzo di Amazon Comprehend	37
5.1	Curva di Keeling	41
5.2	Curva di Phillips	42
5.3	Funzioni di Amazon SageMaker Studio	44
5.4	Tabella con i dati del primo dataset	46
5.5	Analisi delle performance dei motori dei vari veicoli	46
5.6	Istogramma per lo studio dei vari brand	47
5.7	Tabella con i dati del secondo dataset	47
5.8	Analisi sul range di autonomia del veicolo	48
5.9	Scatter Plot relativo ad accelerazione ed efficienza	49
5.10	Tabella con i dati del terzo dataset	49
5.11	Analisi dell'anno di produzione dei veicoli	50
5.12	Tabella per lo studio dei vari brand	50
5.13	Tabella con i dati del quarto dataset	51
5.14	Istogramma sulle unità prodotte	51
5.15	Istogramma sulle unità vendute in base alla capacità della batteria	52

Elenco delle tabelle2.1 Definizione dei 3 livelli di Cloud Computing**Errore. Il segnalibro non è definito.**

3.1 Tecniche principali di riconoscimento nell'analisi di un'immagine	28
5.1 Modalità di inferenza in Amazon SageMaker	51

L'Intelligenza Artificiale rappresenta oggi una delle tecnologie più dirompenti della nostra epoca, generando un ecosistema di soluzioni basate su Machine Learning, Big Data e sistemi decisionali autonomi capaci di trasformare profondamente settori produttivi, sociali e industriali. Se correttamente sviluppate, queste tecnologie possono agire da veri game changer, abilitando innovazioni strutturali in termini di sostenibilità, sicurezza e accessibilità. Tra i settori più coinvolti spicca l'Automotive, che sta vivendo una metamorfosi tecnologica senza precedenti in un arco temporale insolitamente compresso. La rilevanza strategica di questa transizione è amplificata dal fatto che la mobilità costituisce un bisogno primario e universale. Si tratta di una trasformazione che impatta direttamente sulla vita quotidiana di ogni individuo, sul design urbano e sulla sostenibilità ambientale. La visione prospettica va tuttavia oltre la semplice ottimizzazione del singolo veicolo: l'obiettivo è una ridefinizione sistemica del trasporto orientata verso una mobilità ecosostenibile, intelligente e inclusiva. Partendo da questi presupposti, e avvalendosi di Amazon Web Services (AWS) — la piattaforma cloud di Amazon che fornisce agli utenti un'infrastruttura di calcolo computazionale scalabile e ad alte prestazioni — sono state condotte diverse sperimentazioni sull'impiego di strumenti e tecnologie di Intelligenza Artificiale al fine di addestrare un prototipo di assistente di guida onboard, concepito per operare in tempo reale a bordo del veicolo e supportare il conducente in maniera intelligente e adattiva. La seguente tesi è strutturata in 6 capitoli che hanno come obiettivo quello di accompagnare il lettore passo dopo passo nell'evoluzione del settore Automotive. Per far ciò viene adottata la seguente struttura:

- Nel Capitolo 1 si andrà ad introdurre il concetto di Intelligenza Artificiale come tecnologia, in modo da fornire una chiara descrizione di come nasce e funziona
- Nel Capitolo 2 verrà spiegato Amazon Web Services come piattaforma per poi andare a descriverne le caratteristiche
- Nel Capitolo 3 si introdurrà il concetto di Computer Vision e come questo può essere sviluppato tramite Amazon Rekognition, un tool presente dentro AWS
- Nel Capitolo 4 tramite Amazon Comprehend si andrà a dimostrare come un computer non si limita a riconoscere il contenuto del testo ma è capace di analizzarlo ed estrarlo per utilizzi futuri
- Nel Capitolo 5 verrà dimostrato come la Data Analysis è una disciplina trasversale, andando a illustrare come si raccolgono e riordinano i dati tramite Amazon SageMaker

- Nel Capitolo 6 saranno riportati i feedback ricevuti dalle precedenti analisi dimostrando, con le dovute considerazioni, come l'Intelligenza Artificiale sta rivoluzionando il mondo Automotive

1

CAPITOLO 1

Intelligenza Artificiale

Questo primo capitolo introduce i concetti fondamentali legati all'Intelligenza Artificiale, delineando la definizione, gli obiettivi e i principali ambiti applicativi. Per comprendere la tecnologia discussa, viene ripercorsa la sua storia, dalla nascita con il Test di Turing, all'approdo al Machine Learning e al concretizzarsi del Deep Learning. Partendo da una visione generale del fenomeno, verranno evidenziati i presupposti teorici e disciplinari che hanno reso possibile lo sviluppo dell'AI. Questo percorso metterà in luce il ruolo crescente dell'Intelligenza Artificiale nel contesto contemporaneo, in particolare nel settore dell'Automotive. Per questo ambito si analizzeranno le tecnologie di ADAS e il concetto di guida autonoma.

1.1 Che cos'è l'Intelligenza Artificiale

1.1.1 Definizione di Intelligenza Artificiale

Nel corso della storia, l'essere umano ha manifestato un interesse costante verso la comprensione dei meccanismi che regolano il pensiero e l'intelligenza umana. Tale interesse non si è limitato a una riflessione teorica di natura filosofica, ma si è progressivamente evoluto in un tentativo concreto di riprodurre artificialmente tali capacità. L'Intelligenza, intesa come la facoltà di apprendere dall'esperienza, risolvere problemi e prendere decisioni, rappresenta uno degli elementi distintivi della specie umana. Tuttavia, con il progresso tecnologico e l'aumento della complessità dei sistemi sociali ed economici, è emersa la necessità di sviluppare strumenti in grado di supportare, e in alcuni casi sostituire, tali capacità cognitive.

L'Intelligenza Artificiale nasce, quindi, come risposta a questa esigenza, configurandosi come una tecnologia interdisciplinare che combina contributi provenienti da diversi ambiti del sapere, tra cui informatica, matematica, neuroscienze, psicologia cognitiva ed economia. Come illustrato nella Figura 1.1, partendo da una conoscenza generica che può essere figurata come una raccolta

di dati, l'Intelligenza Artificiale, seguendo le indicazioni date, sarà in grado di elaborare un prodotto finale. Una definizione generalmente accettata descrive l'Intelligenza Artificiale come un insieme di tecnologie che consentono ai computer di apprendere, ragionare ed eseguire attività avanzate — come comprendere il linguaggio, analizzare i dati e prendere decisioni — in modi che prima richiedevano l'intelligenza umana.



Figure 1.1 Flusso di funzionamento dell'Intelligenza Artificiale

In termini più tecnici, essa può essere ricondotta allo studio e alla progettazione di agenti intelligenti: entità che percepiscono l'ambiente attraverso sensori e agiscono su di esso mediante attuatori, selezionando le azioni più appropriate per raggiungere determinati obiettivi sulla base delle informazioni disponibili. Nel corso degli anni sono stati sviluppati diversi approcci teorici all'Intelligenza Artificiale. Alcuni studiosi hanno cercato di modellare sistemi che imitassero il comportamento umano, mentre altri hanno adottato un approccio basato sulla razionalità formale. Questa distinzione ha portato all'individuazione di quattro principali categorie: sistemi che pensano come esseri umani, sistemi che agiscono come esseri umani, sistemi che pensano razionalmente e sistemi che agiscono razionalmente. Tra questi, l'approccio dell'agente razionale si è affermato come il più efficace, in quanto consente di affrontare problemi reali in condizioni di incertezza e informazione incompleta. L'Intelligenza Artificiale affronta il problema della decisione in condizioni di incertezza, tipiche dei contesti reali caratterizzati da informazione incompleta e rumore. A tal fine, essa impiega modelli probabilistici e tecniche di inferenza statistica per valutare le possibili alternative decisionali, selezionando quella che massimizza l'utilità attesa. In questo quadro, l'AI si configura come una disciplina volta alla progettazione di sistemi decisionali autonomi, capaci di operare in ambienti complessi, dinamici e parzialmente osservabili.

1.1.2 Come e dove si utilizza l'Intelligenza Artificiale

L'Intelligenza Artificiale ha assunto, negli ultimi anni, un ruolo sempre più centrale nello sviluppo tecnologico. La sua diffusione è stata favorita dalla crescente disponibilità di dati, dall'aumento della capacità di calcolo e dallo sviluppo di algoritmi sempre più sofisticati. In questo contesto, questa non si limita a rappresentare una tecnologia innovativa, ma si configura come un vero e proprio fattore abilitante per nuove modalità di analisi, decisione e interazione.

Nella Figura 1.2 è ben visibile come questa nuova tecnologia non sia stata solo una novità, bensì un "game changer" vero e proprio nella società odierna. Uno degli ambiti in cui l'Intelligenza Artificiale trova ampia applicazione è quello sanitario.

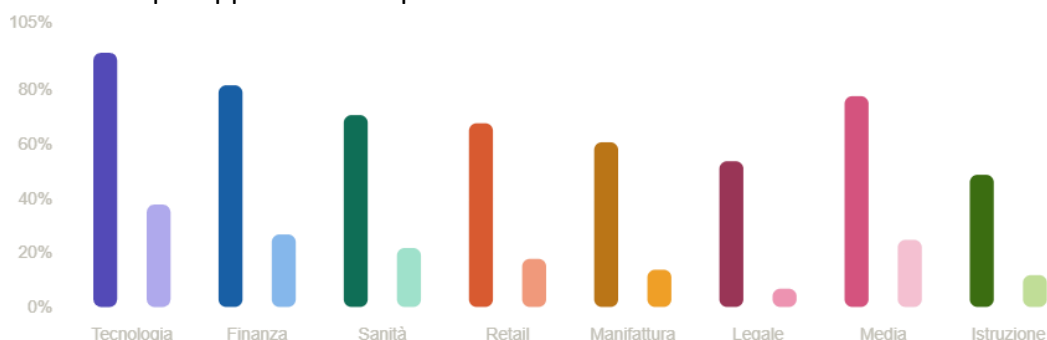


Figure 1.2 Un grafico a barre che confronta l'adozione dell'Intelligenza Artificiale per settore tra il 2025 e il 2020

In questo settore, i sistemi basati su AI vengono utilizzati per supportare la diagnosi medica, analizzando immagini cliniche e dati sanitari con elevata precisione. Inoltre, l'Intelligenza Artificiale consente di sviluppare modelli predittivi per individuare precocemente determinate patologie e definire trattamenti personalizzati, migliorando l'efficacia complessiva delle cure. Nel settore finanziario viene impiegata per l'analisi dei mercati, la gestione del rischio e il rilevamento delle frodi. Grazie alla capacità di elaborare grandi quantità di dati in tempo reale, i sistemi intelligenti sono in grado di individuare pattern e anomalie, contribuendo a migliorare la sicurezza e l'efficienza del sistema finanziario. Un ulteriore ambito di applicazione è rappresentato dal settore industriale, in cui l'AI costituisce uno dei pilastri dell'Industria 4.0. I sistemi intelligenti permettono di ottimizzare i processi produttivi e migliorare il controllo della qualità mediante tecniche di visione artificiale. Nel campo dei servizi digitali e del commercio, l'Intelligenza Artificiale è alla base dei sistemi di raccomandazione e personalizzazione. Le piattaforme digitali utilizzano algoritmi di Machine Learning per analizzare i comportamenti degli utenti e offrire contenuti o prodotti in linea con le loro preferenze, migliorando l'esperienza utente e aumentando l'efficacia delle strategie di marketing. L'Intelligenza Artificiale riveste un ruolo sempre più strategico nel settore dei trasporti, in particolare nell'ambito Automotive, dove i sistemi avanzati di assistenza alla guida (ADAS) sfruttano algoritmi di Machine Learning e computer vision per il monitoraggio dell'ambiente e il supporto decisionale al conducente, con l'obiettivo di incrementare la sicurezza. L'evoluzione di tali tecnologie conduce verso sistemi di guida autonoma, caratterizzati da elevati livelli di automazione e capacità di operare in assenza di intervento umano.

L'adozione dell'AI nei diversi settori economici risulta eterogenea e fortemente dipendente dalla disponibilità di dati e dal grado di digitalizzazione. I settori tecnologico e finanziario presentano il più alto livello di integrazione, mentre ambiti come sanità, retail e marketing mostrano una diffusione significativa ma ancora in espansione. Al contrario, settori quali quello legale, i media e l'istruzione evidenziano un'adozione più limitata, pur con un elevato potenziale di crescita. Complessivamente, emerge un trend di diffusione progressiva dell'AI, con margini di sviluppo ancora presenti in tutti i comparti.

A prescindere dal settore o dal contesto applicativo considerato, risulta particolarmente significativo osservare come l'utilizzo dell'Intelligenza Artificiale abbia registrato un incremento marcato e diffuso nel periodo analizzato, evidenziando una crescita sostanzialmente trasversale

rispetto alle diverse funzioni aziendali in cui essa viene implementata. La Figura 1.3 mostra, infatti, un aumento consistente della quota di imprese che adottano tecnologie AI tra il 2023 e il 2024 in quasi tutti i Paesi dell'Unione Europea, segnalando non solo un consolidamento nei contesti già digitalmente maturi, ma anche un progressivo avvicinamento delle economie meno avanzate. Tale dinamica suggerisce

§1.2 Nascita ed evoluzione dell'Intelligenza Artificiale

che l'Intelligenza Artificiale stia evolvendo da tecnologia emergente a infrastruttura abilitante per i processi produttivi e decisionali, contribuendo a ridurre le barriere all'innovazione e a favorire una trasformazione sistemica del tessuto economico europeo.

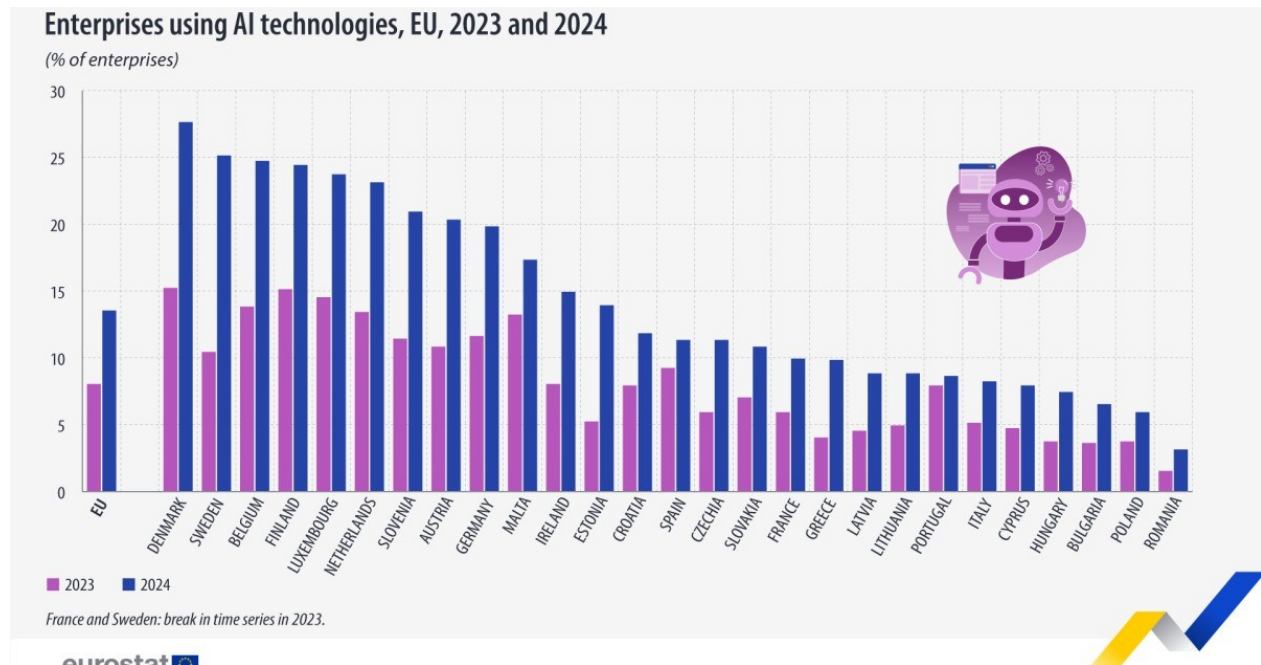


Figure 1.3 Un grafico a barre che confronta l'adozione dell'Intelligenza Artificiale tra i diversi paesi dell'EU nel 2023 e nel 2024.

1.2 Nascita ed evoluzione dell'Intelligenza Artificiale

1.2.1 Turing Test

La nascita dell'Intelligenza Artificiale come disciplina scientifica è strettamente legata agli studi condotti nella prima metà del XX secolo, in particolare alle riflessioni sul rapporto tra macchina e Intelligenza umana. Tra i contributi più rilevanti in questo ambito si distingue quello di Alan Turing (Figura 1.4), matematico e logico britannico, considerato uno dei padri fondatori dell'informatica moderna. Nel 1950, Turing pubblicò l'articolo "Computing Machinery and Intelligence", in cui propose una delle prime e più influenti definizioni operative di Intelligenza Artificiale. In tale lavoro, Turing affronta la questione se una macchina possa essere considerata intelligente, sostituendo la domanda filosofica con un approccio più concreto e verificabile.

Egli introduce infatti il cosiddetto "Turing Test", un esperimento concettuale progettato per valutare la capacità di una macchina di esibire un comportamento indistinguibile da quello umano. Il test prevede l'interazione tra un interrogatore umano e due interlocutori nascosti, uno umano e

uno Artificiale. Se l'interrogatore non è in grado di distinguere con certezza quale dei due sia la macchina, allora quest'ultima può essere considerata intelligente.

§1.2 Nascita ed evoluzione dell'Intelligenza Artificiale

Il valore del Turing Test risiede nella sua capacità di fornire un criterio pratico per valutare l'Intelligenza Artificiale, evitando definizioni astratte e difficilmente verificabili. Nel corso degli anni, il test è stato reinterpreted e adattato a diversi contesti, mantenendo comunque il suo valore come riferimento teorico. Più che un criterio definitivo, il Turing Test rappresenta oggi uno strumento concettuale utile per riflettere sulle capacità e sui limiti dei sistemi artificiali. In conclusione, il contributo di Turing ha segnato l'inizio di un nuovo modo di concepire l'intelligenza, non più esclusivamente legata all'essere umano, ma potenzialmente replicabile attraverso sistemi artificiali.



Figure 1.4 Alan Turing

Questo ha aperto la strada allo sviluppo dell'Intelligenza Artificiale come disciplina scientifica autonoma.

1.2.2 Dal concetto di Standard Model al Cognitive Model

Nel processo evolutivo dell'Intelligenza Artificiale si è verificata la transizione dallo Standard Model al Cognitive Model, configurando un cambiamento paradigmatico nella rappresentazione e nell'implementazione dei sistemi intelligenti.

Lo Standard Model è basato su un approccio simbolico, in cui l'Intelligenza è formalizzata come manipolazione di simboli tramite regole logico-deduttive e algoritmi deterministici. Tale paradigma ha consentito lo sviluppo di sistemi esperti e di problem solving automatico, risultando efficace in domini ben strutturati e completamente specificabili. Tuttavia, evidenzia limiti significativi in presenza di incertezza, incompletezza informativa e variabilità ambientale, oltre a problemi di scalabilità dovuti alla necessità di esplicitare a priori l'intero insieme di regole.

Il Cognitive Model introduce, invece, un approccio subsimbolico e data-driven, ispirato ai processi cognitivi umani, in cui l'Intelligenza emerge da meccanismi di apprendimento, percezione

e interazione con l'ambiente. I sistemi sono quindi in grado di adattarsi dinamicamente, generalizzare dai dati e migliorare le proprie prestazioni nel tempo.

La transizione al modello cognitivo rappresenta un cambio di paradigma che abilita la progettazione di sistemi più robusti, adattivi e scalabili, promuovendo al contempo un'integrazione interdisciplinare tra informatica, neuroscienze e scienze cognitive.

1.2.3 Reti neurali e Machine Learning

Nel paradigma del Cognitive Model, le reti neurali artificiali e il Machine Learning rappresentano strumenti fondamentali dell'Intelligenza Artificiale moderna.

Le reti neurali sono modelli ispirati al cervello umano, composti da neuroni artificiali interconnessi che elaborano informazioni e producono output sulla base di parametri (pesi) ottimizzati durante l'addestramento. Il Machine Learning, invece, comprende tecniche che permettono ai sistemi di apprendere automaticamente dai dati, individuando pattern e costruendo modelli predittivi senza programmazione esplicita.

§1.3 Big Data e Tecnologie Avanzate

Le principali modalità di apprendimento sono:

- *apprendimento supervisionato*, basato su dati etichettati;
- *apprendimento non supervisionato*, finalizzato a individuare strutture nei dati;
- *apprendimento per rinforzo*, basato sull'interazione con un ambiente e su un sistema di ricompense.

Queste tecnologie sono utilizzate in molti ambiti, come il riconoscimento di immagini e il linguaggio naturale, e hanno raggiunto risultati avanzati grazie al Deep Learning. Tuttavia, presentano limiti come l'elevato fabbisogno di dati, i costi computazionali e la scarsa interpretabilità.

In sintesi, reti neurali e Machine Learning costituiscono il cuore dell'AI moderna, permettendo lo sviluppo di sistemi capaci di apprendere e operare in contesti complessi.

1.3 Big Data e Tecnologie Avanzate

1.3.1 L'avvento dei Big Data

Negli ultimi decenni, l'evoluzione delle tecnologie digitali ha portato a una crescita esponenziale della quantità di dati generati e raccolti. Questo fenomeno ha dato origine al concetto di Big Data, che rappresenta uno degli elementi fondamentali nello sviluppo dell'Intelligenza Artificiale moderna. I Big Data non si riferiscono semplicemente a grandi quantità di informazioni, ma a insiemi di dati caratterizzati da elevata complessità e difficoltà di gestione attraverso strumenti tradizionali.

Tradizionalmente, i dati venivano raccolti e utilizzati in modo limitato, principalmente a causa delle restrizioni tecnologiche legate alla capacità di archiviazione e di elaborazione. Tuttavia, con la diffusione di Internet e dei dispositivi mobili la produzione di dati è aumentata in modo

significativo. Ogni interazione digitale, ogni sensore e ogni sistema informatico contribuisce alla generazione continua di informazioni, creando un flusso costante di dati eterogenei.

I Big Data vengono generalmente descritti attraverso il modello delle “3V”: volume, velocità e varietà. Il volume si riferisce alla quantità di dati generati, che può raggiungere dimensioni estremamente elevate. La velocità indica la rapidità con cui i dati vengono prodotti e devono essere elaborati, spesso in tempo reale. La varietà riguarda la diversità delle tipologie di dati, che possono includere dati strutturati, semi-strutturati e non strutturati, come testi, immagini, video e segnali provenienti da sensori. La combinazione di questi fattori rende i Big Data una risorsa estremamente potente, ma al tempo stesso complessa da gestire.

L'avvento dei Big Data ha avuto un impatto significativo sull'Intelligenza Artificiale, fornendo la base su cui sviluppare modelli sempre più accurati e sofisticati. I sistemi di Machine Learning, infatti, richiedono grandi quantità di dati per apprendere in modo efficace. La disponibilità di dataset estesi ha, quindi, contribuito in modo determinante al miglioramento delle prestazioni dei modelli. Tuttavia, la gestione dei Big Data pone anche nuove sfide. Tra queste, la necessità di sviluppare infrastrutture adeguate per l'archiviazione e l'elaborazione dei dati, nonché strumenti in grado di analizzare informazioni complesse in tempi ridotti. Tecnologie come il Cloud Computing e il Distributed Computing sono state sviluppate proprio per rispondere a queste esigenze. In conclusione, i Big Data rappresentano un elemento chiave nello sviluppo dell'Intelligenza Artificiale, fornendo le basi per l'estrazione di conoscenza e per la realizzazione di sistemi sempre più avanzati. La loro gestione efficace costituisce una sfida centrale per le tecnologie moderne.

§1.3 Big Data e Tecnologie Avanzate

1.3.2 Deep Learning

Il Deep Learning rappresenta una delle evoluzioni più significative nell'ambito del Machine Learning e costituisce oggi uno dei principali motori dello sviluppo dell'Intelligenza Artificiale. Il Machine Learning, in senso generale, comprende tecniche che permettono ai sistemi di apprendere dai dati per individuare schemi, fare previsioni o classificare informazioni. Il Deep Learning, invece, è una sottoarea del Machine Learning e si basa sull'utilizzo di reti neurali artificiali profonde, caratterizzate da un elevato numero di livelli, che consentono di modellare relazioni molto complesse tra i dati.

A differenza delle tecniche tradizionali di Machine Learning, che richiedono spesso una fase di progettazione manuale delle caratteristiche più utili, come illustrato nella Figura 1.5, il Deep Learning è in grado di apprendere automaticamente rappresentazioni sempre più astratte dei dati. Questo avviene attraverso una struttura gerarchica, in cui ogni livello della rete elabora informazioni di livello superiore rispetto a quelle del livello precedente.

Il successo del Deep Learning è strettamente legato alla disponibilità di grandi quantità di dati e all'aumento della capacità computazionale, in particolare grazie all'utilizzo di GPU. Questi elementi hanno reso possibile l'addestramento di modelli complessi su dataset di grandi dimensioni, ottenendo, in molti casi, prestazioni superiori rispetto ai metodi tradizionali. Le applicazioni del Deep Learning sono numerose e spaziano in diversi ambiti. Nel campo della Visione Artificiale, esso è utilizzato per il riconoscimento di immagini e oggetti. Nell'elaborazione del linguaggio naturale, consente di sviluppare sistemi in grado di comprendere e generare testi. Inoltre, trova applicazione anche nella previsione di serie temporali e nell'analisi di dati complessi.

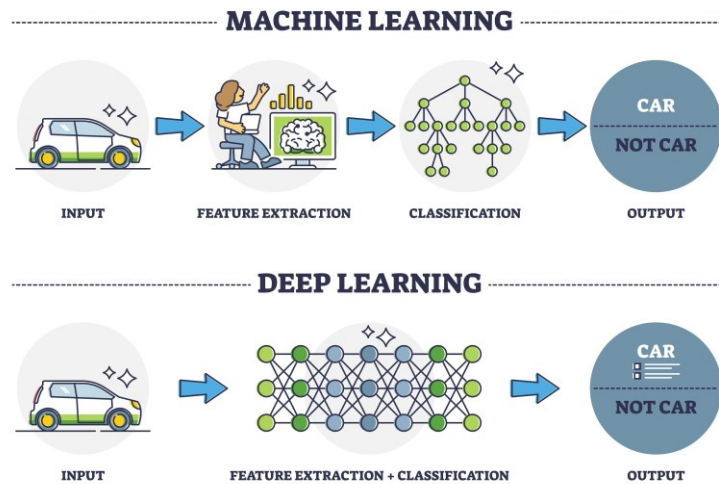


Figure 1.5 Differenza tra Machine Learning e Deep Learning

Nonostante i risultati ottenuti, il Deep Learning presenta alcune criticità. Una delle principali riguarda la necessità di grandi quantità di dati per l'addestramento, che non sempre sono disponibili. Inoltre, i modelli profondi sono spesso difficili da interpretare, motivo per cui vengono talvolta considerati sistemi poco trasparenti. Un altro aspetto rilevante è il costo computazionale, che può essere molto elevato, soprattutto durante la fase di addestramento e di utilizzo su larga scala. Ciò rende necessario l'impiego di infrastrutture avanzate, spesso basate sul Cloud Computing, e può rappresentare una barriera per alcune applicazioni. Nonostante queste sfide, il Deep Learning ha

rivoluzionato l'Intelligenza Artificiale, permettendo di affrontare problemi complessi con un livello di accuratezza senza precedenti. Esso rappresenta oggi uno degli strumenti più potenti per l'analisi e l'interpretazione dei dati.

1.3.3 Computer Vision

La computer vision è un ambito dell'Intelligenza Artificiale che si occupa di permettere ai sistemi informatici di acquisire, elaborare e interpretare informazioni visive provenienti da immagini e video. L'obiettivo principale è quello di replicare, almeno in parte, le capacità del sistema visivo umano, consentendo ai computer di comprendere il contenuto delle scene analizzate. A differenza della semplice elaborazione delle immagini, la computer vision mira a estrarre significato dai dati visivi, identificando oggetti, riconoscendo pattern e analizzando le relazioni tra gli elementi presenti. Questo è reso possibile grazie all'impiego di tecniche di Machine Learning e Deep Learning, in particolare mediante l'uso di reti neurali addestrate su grandi quantità di dati. Le applicazioni della computer vision sono numerose e spaziano dalla medicina, dove supporta l'analisi di immagini diagnostiche, all'industria e ai sistemi di sicurezza, fino ai veicoli autonomi. In conclusione, la computer vision si configura come una disciplina centrale nell'ambito dell'Intelligenza Artificiale, in grado di abilitare sistemi sempre più autonomi e capaci di interagire efficacemente con l'ambiente reale. Il continuo progresso delle tecniche di apprendimento automatico ne sta ampliando ulteriormente le potenzialità, rendendola un elemento chiave nello sviluppo delle tecnologie intelligenti contemporanee.

1.4 Intelligenza Artificiale nel settore Automotive

1.4.1 ADAS (Sistemi avanzati di assistenza alla guida)

Negli ultimi anni, il settore Automotive ha subito una profonda trasformazione grazie all'integrazione di tecnologie basate sull'Intelligenza Artificiale. Tra le applicazioni più rilevanti si collocano i sistemi ADAS (Advanced Driver Assistance Systems), progettati con l'obiettivo di supportare il conducente nelle diverse fasi della guida, migliorando la sicurezza, il comfort e l'efficienza complessiva del veicolo.

I sistemi ADAS, come illustrato nella Figura 1.6, si basano sull'utilizzo combinato di sensori, telecamere, radar e lidar, che consentono al veicolo di percepire l'ambiente circostante. Le informazioni raccolte vengono elaborate in tempo reale attraverso algoritmi di Intelligenza Artificiale, che permettono di identificare oggetti, riconoscere segnali stradali e prevedere il comportamento degli altri utenti della strada.

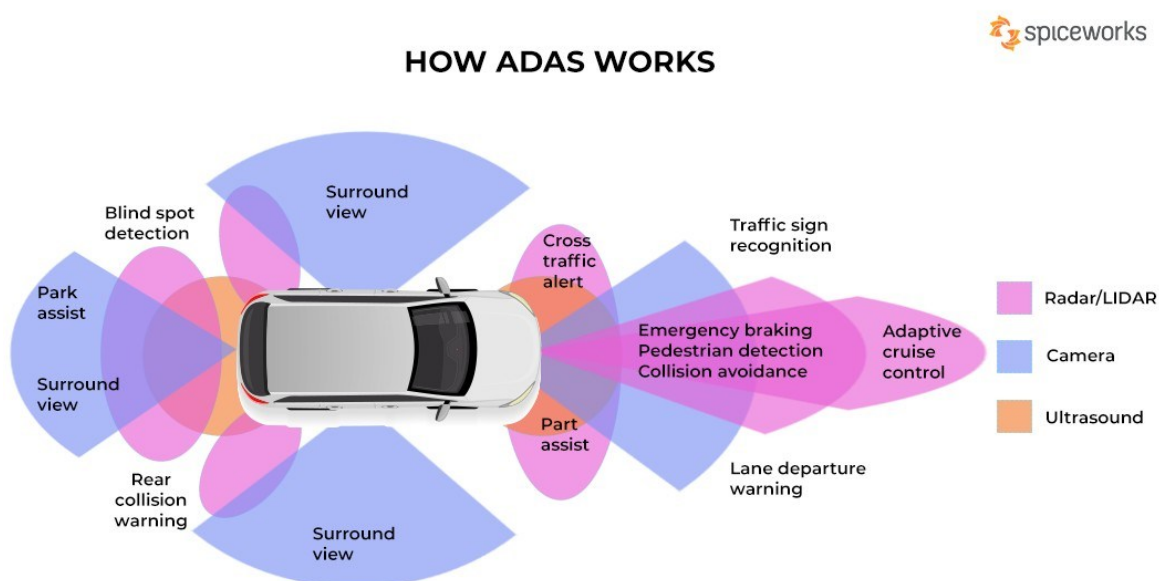


Figure 1.6 Schema base di un sistema ADAS

Una delle principali caratteristiche dei sistemi ADAS è la loro capacità di assistere il conducente senza sostituirlo completamente. Tra le funzionalità più diffuse si possono citare il mantenimento della corsia (lane keeping assist), il controllo adattivo della velocità (adaptive cruise control), la frenata automatica di emergenza (automatic emergency braking) e il rilevamento degli angoli ciechi (blind spot detection). Questi sistemi contribuiscono a ridurre il rischio di incidenti, intervenendo in situazioni critiche o fornendo avvisi tempestivi al conducente.

Dal punto di vista tecnologico, i sistemi ADAS rappresentano un esempio significativo dell'applicazione della Computer Vision e del Machine Learning nel contesto Automotive. Gli algoritmi di visione Artificiale permettono di analizzare le immagini acquisite dalle telecamere, mentre i modelli di apprendimento automatico consentono di migliorare progressivamente le prestazioni del sistema attraverso l'analisi dei dati raccolti.

Un aspetto fondamentale riguarda la capacità dei sistemi ADAS di operare in tempo reale. Le decisioni devono essere prese in frazioni di secondo, il che richiede l'utilizzo di architetture hardware e software altamente ottimizzate. Questo introduce sfide significative in termini di affidabilità, robustezza e sicurezza.

Nonostante i benefici offerti, i sistemi ADAS presentano anche alcune limitazioni. In particolare, la loro efficacia può essere influenzata da condizioni ambientali avverse che portano a situazioni di scarsa visibilità. Inoltre, l'interazione tra sistema e conducente richiede una progettazione accurata, al fine di evitare fenomeni di eccessiva fiducia o distrazione. In conclusione, i sistemi ADAS rappresentano un passo fondamentale verso l'automazione della guida, contribuendo a migliorare la sicurezza stradale e a ridurre il carico cognitivo del conducente. Essi costituiscono la base su cui si sviluppano le tecnologie di guida autonoma, che saranno approfondite nella prossima sezione.

1.4.2 Guida Autonoma

La guida autonoma rappresenta una delle applicazioni più avanzate e complesse dell'Intelligenza Artificiale nel settore Automotive. A differenza dei sistemi ADAS, che supportano il conducente, i veicoli autonomi sono progettati per operare senza l'intervento umano, prendendo decisioni in modo completamente indipendente. Il funzionamento di un veicolo autonomo si basa su tre componenti principali: percezione, pianificazione e controllo. La percezione riguarda la capacità del sistema di acquisire e interpretare informazioni sull'ambiente circostante, utilizzando sensori come telecamere, radar e lidar. La pianificazione consiste nella definizione del percorso e delle azioni da intraprendere, mentre il controllo riguarda l'esecuzione delle decisioni attraverso i sistemi di guida del veicolo.

Dal punto di vista tecnologico, la guida autonoma integra diverse tecniche di Intelligenza Artificiale. I modelli utilizzati devono essere in grado di riconoscere oggetti, prevedere il comportamento degli altri veicoli e adattarsi a situazioni impreviste. Un elemento chiave nello sviluppo della guida autonoma è rappresentato dalla classificazione dei livelli di automazione, definita dalla SAE (Society of Automotive Engineers). Questa classificazione distingue sei livelli, da 0 a 5, in base al grado di autonomia del veicolo. Nei livelli più avanzati, come nella Figura 1.7 con l'esempio di Waymo, il sistema è in grado di gestire completamente la guida, senza necessità di intervento umano.



Figure 1.7 Esempio di veicolo dotato di sensori per la guida autonoma

Nonostante i progressi tecnologici, la realizzazione di veicoli completamente autonomi presenta ancora numerose sfide. Tra queste, la gestione di scenari complessi e imprevedibili, la necessità di garantire elevati standard di sicurezza e la difficoltà di validare i sistemi in tutte le possibili condizioni operative. La guida autonoma ha il potenziale di trasformare radicalmente il settore dei trasporti, riducendo gli incidenti, migliorando l'efficienza del traffico e modificando i modelli di mobilità.

Un esempio concreto è Waymo (Figura 1.8), nata come progetto di Google e oggi considerata uno dei riferimenti principali del settore: la sua innovazione è consistita nell'aver sviluppato uno

dei primi servizi pubblici di robotaxi pienamente autonomi, disponibili senza conducente umano a bordo, e nell'aver accumulato oltre 20 milioni di corse e più di 200 milioni di miglia percorse in modalità autonoma.

Waymo ha conquistato il mercato in modo graduale, puntando prima sulla sperimentazione, poi sull'espansione commerciale in città come Phoenix, San Francisco e Los Angeles, e successivamente su nuove partnership e nuovi mercati, anche attraverso collaborazioni con Uber e Avis. Oggi l'azienda effettua più di 500.000 corse autonome a settimana, segno di una crescente affermazione commerciale del servizio. Per quanto riguarda i guadagni, Alphabet (Google) non pubblica i ricavi di Waymo separatamente, ma dichiara che i ricavi del segmento "Other Bets" derivano anche dalla vendita di servizi di trasporto autonomo tramite Waymo; nel primo trimestre del 2025 questo segmento ha registrato ricavi per 450 milioni di dollari, anche se tale cifra non è attribuibile interamente all'azienda.



Figure 1.8 Logo di Waymo

In conclusione, la guida autonoma rappresenta uno degli obiettivi più ambiziosi dell'Intelligenza Artificiale applicata all'Automotive. Sebbene siano stati compiuti notevoli progressi, il raggiungimento di una piena autonomia richiede ancora ulteriori sviluppi tecnologici e normativi. L'esperienza di Waymo dimostra, tuttavia, che questa tecnologia non è più soltanto sperimentale, ma sta già entrando nel mercato reale dei trasporti.

1.4.3 Etica e sicurezza sulla guida autonoma

Lo sviluppo dell'Intelligenza Artificiale nel settore Automotive, soprattutto nel campo della guida autonoma, solleva importanti questioni etiche, giuridiche e di sicurezza. Poiché i veicoli autonomi prendono decisioni che possono avere conseguenze dirette sulle persone, è necessario riflettere con attenzione sui rischi e sulle responsabilità legate al loro utilizzo. Uno dei problemi principali riguarda la responsabilità in caso di incidente. Quando un veicolo è controllato da un sistema automatizzato, diventa difficile stabilire se la responsabilità debba ricadere sul produttore del veicolo, sullo sviluppatore del software oppure sull'utilizzatore. Per questo motivo, sono necessari nuovi riferimenti normativi e legali. Un altro tema centrale è quello delle decisioni etiche in situazioni critiche, nelle quali il sistema potrebbe dover scegliere tra diverse alternative, tutte potenzialmente dannose. A ciò si aggiunge il problema della sicurezza tecnica: i veicoli autonomi devono essere affidabili, robusti e protetti da possibili attacchi informatici. Anche la trasparenza degli algoritmi è importante, perché sistemi poco comprensibili possono ridurre la fiducia degli utenti. Infine, la diffusione della guida autonoma potrebbe produrre effetti significativi sul piano sociale, modificando alcune professioni legate alla guida, ma offrendo anche nuove opportunità di accesso ai trasporti. In conclusione, per sviluppare questa tecnologia in modo responsabile è necessario integrare innovazione tecnica, etica e regole adeguate.

Amazon Web Services

Il secondo capitolo introduce una delle tecnologie più all'avanguardia di questo periodo storico, il Cloud Computing. Questa ricerca è stata svolta su una piattaforma chiamata Amazon Web Services basata sul Cloud Computing, la quale offre una grande varietà di tool. Questi tool, che corrispondono a diverse modalità di utilizzo che si possono avere di questa piattaforma, grazie alla gigantesca potenza di calcolo della quale possono disporre, permettono di ottenere risultati straordinari sfruttando la tecnologia del Cloud Computing.

¹ 1.1.1 Come funziona il Cloud Computing

Nel contesto attuale, segnato dalla progressiva digitalizzazione dei processi e dalla crescita costante dei dati prodotti, le infrastrutture informatiche tradizionali evidenziano spesso limiti in termini di flessibilità e capacità di adattamento. Le organizzazioni moderne devono gestire applicazioni sempre più complesse, servizi accessibili in modo continuativo e carichi di lavoro che possono variare rapidamente nel tempo. Questa esigenza risulta ancora più evidente nei sistemi basati su Intelligenza Artificiale, che richiedono spesso elevate capacità di calcolo, grandi quantità di dati e ambienti facilmente espandibili. In tale scenario, l'acquisto e la manutenzione di server locali possono risultare poco efficienti, soprattutto quando la domanda di risorse non è stabile o non può essere prevista con precisione. Diventa, quindi, necessario adottare tecnologie capaci di fornire potenza computazionale, archiviazione e servizi software in modo dinamico. Il Cloud Computing nasce proprio per rispondere a questa necessità, introducendo un modello più scalabile e adattabile rispetto alle infrastrutture tradizionali. Il Cloud Computing può essere definito come un paradigma tecnologico che consente di accedere, tramite Internet, a risorse informatiche distribuite e configurabili. Tali risorse possono comprendere server, memoria, database, reti, piattaforme applicative e software.

A differenza del modello tradizionale, in cui un'organizzazione possiede e gestisce direttamente l'infrastruttura fisica, nel Cloud questi componenti sono ospitati all'interno di data center amministrati da provider specializzati. L'utente non deve, quindi, occuparsi direttamente dell'hardware, della manutenzione o dell'aggiornamento dei sistemi. Utilizza, invece, le risorse come servizi disponibili su richiesta, potendo adattare alle proprie esigenze operative. È importante precisare che il Cloud non coincide soltanto con l'archiviazione online di file, immagini o documenti. Il Cloud comprende

2.1 Cloud Computing

anche piattaforme per l'elaborazione dei dati, ambienti di sviluppo e infrastrutture complete. Dal punto di vista tecnico, il suo funzionamento si basa su reti di server distribuiti che collaborano per erogare servizi in modo affidabile. Dati e applicazioni non dipendono necessariamente da una singola macchina fisica, ma possono essere replicati e gestiti su più nodi.

Dal punto di vista ingegneristico, il Cloud si fonda sull'astrazione dell'infrastruttura fisica. Server, dispositivi di rete e sistemi di archiviazione vengono organizzati tramite tecnologie di virtualizzazione, automazione e orchestrazione. Ogni ambiente può essere configurato con specifiche risorse di CPU, memoria e storage. In questo modo, più utenti o applicazioni possono condividere la stessa infrastruttura fisica, mantenendo isolamento, sicurezza e controllo operativo.

Le principali caratteristiche del Cloud Computing possono essere sintetizzate nei seguenti aspetti:

- *Accesso tramite rete*: le risorse sono raggiungibili attraverso Internet o reti dedicate, consentendo l'utilizzo di servizi e dati da dispositivi diversi.
- *Self-service on demand*: l'utente può attivare, modificare o disattivare risorse in autonomia, tramite portali web, API o strumenti di gestione.
- *Elasticità e scalabilità*: le risorse possono aumentare o diminuire in base al carico di lavoro, adattandosi ai picchi di utilizzo.
- *Condivisione delle risorse*: l'infrastruttura fisica del provider viene condivisa tra più utenti, mantenendo separazione logica tra gli ambienti.
- *Pay-per-use*: l'utilizzo delle risorse può essere monitorato e associato ai consumi effettivi.

Dal punto di vista della distribuzione, il Cloud può essere pubblico, privato o ibrido. Il Cloud pubblico è gestito da un provider esterno e condiviso tra più clienti. Il Cloud privato è dedicato a una singola organizzazione ed è scelto quando sono richiesti maggiore controllo, sicurezza o conformità normativa. Il Cloud ibrido combina entrambe le soluzioni, permettendo di mantenere alcuni sistemi in ambienti controllati e di utilizzare il Cloud pubblico per servizi meno critici o per gestire picchi di carico.

Al fine di potenziare un sistema Cloud, uno degli aspetti più rilevanti è la scalabilità. In un'infrastruttura locale, il dimensionamento dei server deve essere pianificato in anticipo. Questo può portare a un sovradimensionamento, con costi inutili, oppure a un sottodimensionamento, con possibili rallentamenti o interruzioni del servizio. Nel Cloud, invece, le risorse possono essere aumentate o ridotte rapidamente in funzione delle necessità operative. Questo comportamento, definito elasticità, rappresenta uno dei principali vantaggi del modello Cloud. Il Cloud introduce anche un diverso modello economico.

Le organizzazioni possono ridurre gli investimenti iniziali legati all'acquisto dell'hardware e adottare un modello basato sull'utilizzo effettivo delle risorse. In molti casi, il costo dipende da elementi come tempo di calcolo, spazio occupato, traffico di rete o numero di richieste elaborate.

Questo approccio offre maggiore flessibilità, ma richiede un controllo accurato dei consumi per evitare costi superiori alle previsioni.

I servizi Cloud vengono generalmente classificati in tre modelli principali, come riportato nella Tabella 2.1:

Modello	Descrizione	Responsabilità dell'utente
IaaS—Infrastructure as a Service	Fornisce risorse infrastrutturali virtualizzate, come macchine virtuali, storage e reti. È il modello più vicino alla gestione tradizionale di un'infrastruttura IT.	Gestione di sistema operativo, applicazioni, dati e configurazioni.
PaaS – Platform as a Service	Offre una piattaforma pronta per sviluppare, testare ed eseguire applicazioni, senza amministrare direttamente server e sistemi operativi.	Gestione del codice applicativo, dei dati e delle configurazioni del servizio.
SaaS – Software as a Service	Mette a disposizione applicazioni complete accessibili tramite browser o interfaccia dedicata.	Utilizzo del software, gestione dei dati e configurazione delle funzionalità disponibili.

Table 2.1 Definizione dei 3 livelli di Cloud Computing

2.1.2 Utilizzi del Cloud Computing

Al giorno d'oggi il Cloud Computing è presente in moltissime attività quotidiane delle imprese. Il suo primo grande utilizzo riguarda la comunicazione aziendale: posta elettronica, calendari condivisi, videoconferenze, chat interne e strumenti di collaborazione permettono ai dipendenti di lavorare anche da luoghi diversi ma connessi tra di loro. Come mostra la Figura 2.1, tra le imprese europee che nel 2025 utilizzavano servizi Cloud a pagamento, l'e-mail era il servizio più diffuso, con l'85,2% di utilizzo.

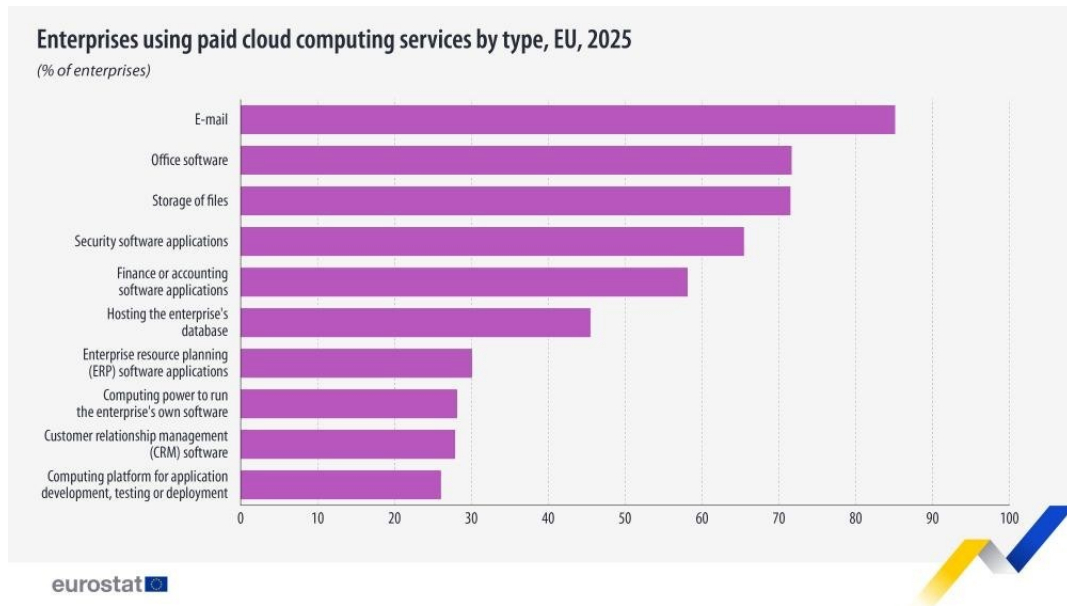


Figure 2.1 Grafico a barre che illustra le modalità di utilizzo del Cloud Computing da parte delle aziende nel 2025

Questo dato dimostra che il Cloud non è solo una tecnologia avanzata, ma uno strumento usato ogni giorno per organizzare il lavoro, scambiare informazioni e mantenere continuità operativa. Un secondo utilizzo molto importante è legato ai software per ufficio e all'archiviazione dei file. Documenti, fogli di calcolo, presentazioni e materiali aziendali possono essere creati, modificati e condivisi online. Nel grafico in figura si vede, infatti, che il 71,7% delle imprese usa software d'ufficio in Cloud e il 71,5% in servizi di archiviazione file. Questo consente di lavorare sugli stessi documenti in tempo reale, evitare duplicazioni, recuperare versioni precedenti e accedere ai dati da computer, tablet o smartphone. Il Cloud viene, poi, utilizzato per la sicurezza informatica. Molte imprese adottano servizi Cloud per proteggere dati e reti aziendali. Si tratta, per esempio, di antivirus gestiti online, sistemi di autenticazione, backup automatici, controllo degli accessi e strumenti per rilevare attività sospette. Secondo i dati Eurostat riportati, il 65,5% delle imprese europee che usano Cloud a pagamento lo impiega per applicazioni di sicurezza. Questo aspetto è decisivo perché le aziende conservano sempre più informazioni digitali e hanno bisogno di proteggerle da guasti, errori umani e attacchi informatici. Un altro campo di utilizzo riguarda la gestione amministrativa e finanziaria. Le imprese possono usare applicazioni Cloud per contabilità, fatturazione, gestione dei pagamenti, controllo dei costi e report economici. Eurostat indica che il 58,2% delle imprese europee usa servizi Cloud per software finanziari o contabili. A questi si aggiungono i sistemi ERP, usati per pianificare risorse, produzione e acquisti, e i sistemi CRM, utili per gestire clienti, vendite e assistenza. Nella Figura 2.1, ERP e CRM risultano meno diffusi rispetto a e-mail e archiviazione, ma rappresentano utilizzi più strategici perché collegano il Cloud direttamente all'organizzazione interna dell'impresa. Un'azienda può conservare grandi archivi di dati su piattaforme online, usare potenza di calcolo per far funzionare programmi interni oppure creare ambienti di sviluppo, test e distribuzione di applicazioni. Questo è utile per imprese tecnologiche, banche, piattaforme e-commerce, ospedali, pubbliche amministrazioni e industrie. Emerge chiaramente nella Figura 2.2 come l'uso del Cloud Computing è in forte crescita in Europa: nel 2025 il 52,7% delle imprese dell'Unione Europea usava servizi Cloud a pagamento, con un

aumento di 7,4 punti percentuali rispetto al 2023. L'Italia è tra i Paesi con i valori più alti, con il 75,6%.

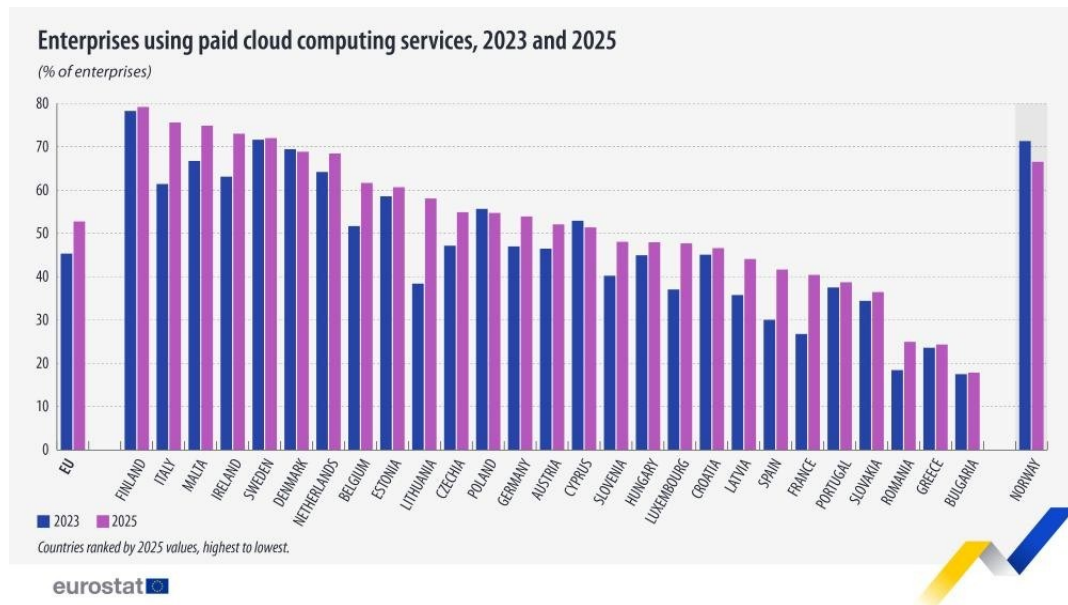


Figure 2.2 Un grafico a barre che confronta l'adozione del Cloud Computing tra i diversi paesi dell'EU tra il 2023 e il 2025

Un altro utilizzo molto interessante che si può associare al mondo del Cloud Computing è come questo possa essere un supplemento all'Intelligenza Artificiale. I sistemi AI richiedono enormi quantità di dati, memoria e potenza di calcolo. Senza il Cloud, molte aziende dovrebbero acquistare server costosi, mantenerli e aggiornarli continuamente. Con il Cloud, invece, possono accedere a risorse potenti solo quando servono, sperimentare nuovi modelli e aumentare la capacità di calcolo in base alle esigenze. L'AI utilizza il Cloud in molti modi: per addestrare modelli linguistici, riconoscere immagini, analizzare dati sanitari, prevedere guasti industriali, personalizzare contenuti online, automatizzare risposte ai clienti e individuare frodi finanziarie. Uno studio svolto dall'MIT (MIT Sloan) sull'adozione del Cloud nelle imprese conferma questo legame tra Cloud, prestazioni aziendali e innovazione. In particolare evidenzia come il passaggio al Cloud Computing aiuti le imprese ad aumentare produttività, ricavi ed a costruire una base per tecnologie come Intelligenza Artificiale e Machine Learning. In conclusione, il Cloud non è solo uno strumento tecnico, ma ormai una base essenziale della competitività digitale delle aziende.

2.2 Amazon Web Services

2.2.1 Il sistema AWS e i suoi Tool

Amazon Web Services, più conosciuto come AWS, rappresenta uno dei principali esempi concreti di costruzione di un sistema di servizi di Cloud Computing utili nel mondo aziendale. Collegandosi al paragrafo precedente sugli utilizzi del Cloud, Amazon Web Services può essere considerato come una grande piattaforma digitale attraverso cui imprese, pubbliche amministrazioni, sviluppatori e startup possono accedere a strumenti informatici senza dover costruire internamente tutta l'infrastruttura tecnologica necessaria. Il suo ruolo è particolarmente importante perché permette di usare servizi diversi in base alle esigenze: potenza di calcolo, gestione di database, sviluppo di applicazioni e strumenti per l'Intelligenza Artificiale. L'idea di AWS nacque nei primi anni Duemila all'interno di Amazon, a Seattle (capitale mondiale del Cloud Computing), quando l'azienda cercava un modo più efficiente per gestire la propria enorme infrastruttura informatica. Fu soprattutto Jeff Bezos, insieme ai team tecnici di Amazon, a intuire che le risorse interne di calcolo e archiviazione potevano essere trasformate in servizi accessibili anche ad altre imprese. Da questa visione nacque nel 2006 Amazon Web Services, una piattaforma pensata per offrire potenza di calcolo, spazio di archiviazione e strumenti digitali tramite Internet.

Uno degli aspetti più rilevanti di AWS è la possibilità di rendere disponibili risorse informatiche in modo rapido e scalabile. Un'azienda, per esempio, può usare AWS per ospitare il proprio sito web, salvare grandi quantità di file o gestire un sito di e-commerce. Allo stesso tempo, una startup può iniziare con poche risorse e aumentare la capacità solo quando il numero di utenti cresce. Questo modello evita investimenti iniziali troppo elevati e consente di pagare le risorse in base all'utilizzo effettivo, secondo una logica tipica

del Cloud Computing, permettendo un sostanzioso ammortamento delle spese. AWS presenta infatti i propri servizi come soluzioni “reliable, scalable, and inexpensive”, sottolineando anche il principio del pagamento in base all’uso.



Figure 2.3 Logo di Amazon Web Services

Nel tempo AWS è diventato un sistema molto ampio, composto da strumenti pensati per settori differenti. Per questo esso non va visto solo come uno spazio online in cui archiviare documenti, ma come una vera infrastruttura digitale su cui costruire attività economiche, servizi pubblici e innovazioni tecnologiche. La coesistenza e collaborazione tra Amazon Web Services e l’Intelligenza Artificiale è oggi particolarmente evidente. AWS offre risorse di calcolo, strumenti di Machine Learning e servizi avanzati di AI generativa. Questo permette alle imprese di sviluppare modelli predittivi i quali, per esempio, possono automatizzare processi, analizzare immagini, comprendere testi e migliorare l’assistenza ai clienti. La stessa Amazon descrive l’evoluzione di AWS come un percorso che va dallo storage e dalla potenza di calcolo fino ai database, ai chip personalizzati e ai servizi avanzati di AI generativa. In questo senso, AWS è uno dei protagonisti principali della trasformazione digitale: non offre soltanto strumenti tecnici isolati, ma mette a disposizione numerosi tool, cioè strumenti digitali pronti all’uso che permettono di svolgere funzioni specifiche. Questi tool, integrati tra loro, formano un ambiente completo in cui il Cloud diventa la base per innovare, crescere e rendere più efficienti i processi aziendali.

2.2.2 Nascita di Amazon Web Services

La nascita di Amazon Web Services è legata direttamente alle esigenze interne di Amazon. Nei primi anni Duemila, l’azienda non era più soltanto una libreria online, ma una piattaforma di commercio elettronico in forte crescita, con milioni di utenti, prodotti, venditori e transazioni da gestire. Per sostenere questa espansione, Amazon aveva bisogno di infrastrutture informatiche sempre più potenti, affidabili e veloci. Il problema era che creare e amministrare server, database e sistemi di rete richiedeva molto tempo, molti investimenti e competenze tecniche continue. Proprio da questa difficoltà nacque l’idea di trasformare l’infrastruttura tecnologica interna in un insieme di servizi utilizzabili anche da altri. Secondo la ricostruzione ufficiale di AWS, Amazon si rese conto di quanto fosse complesso e costoso gestire infrastrutture IT e di come questo potesse distrarre i team tecnici dall’innovazione vera e propria. Per questo, nella primavera del 2006, venne lanciato Amazon Web Services con l’obiettivo di ripensare completamente il modo in cui aziende e sviluppatori accedevano alla tecnologia. L’idea era semplice ma rivoluzionaria:

permettere a chiunque, non solo alle grandi imprese, di usare risorse informatiche potenti attraverso Internet.

Il primo servizio decisivo fu Amazon S3, presentato il 14 marzo 2006. S3, cioè Simple Storage Service, offriva agli sviluppatori uno spazio di archiviazione online scalabile, affidabile e a basso costo. In pratica, permetteva di salvare e recuperare qualsiasi quantità di dati da qualsiasi luogo tramite il web. Questo servizio rispondeva a un bisogno molto concreto: evitare che aziende e programmatori dovessero costruire da soli grandi sistemi di archiviazione, con tutti i costi e i rischi collegati. Pochi mesi dopo arrivò Amazon EC2, cioè Elastic Compute Cloud. Se S3 risolveva il problema dello spazio per conservare i dati, EC2 rispondeva al bisogno di potenza di calcolo. Con EC2, i clienti potevano accedere a capacità computazionale online senza acquistare server fisici. In questo modo, attività che prima richiedevano un grande centro dati potevano essere svolte a distanza, quasi con un semplice clic. La Figura 2.4, dedicata ai principali utilizzi di AWS, aiuta a comprendere quanto la piattaforma si sia ampliata nel tempo. L'immagine non mostra soltanto alcuni servizi isolati, ma rappresenta un ecosistema completo, capace di coprire quasi tutte le esigenze digitali di un'impresa. AWS, infatti, non offre solo potenza di calcolo o spazio di archiviazione, ma integra strumenti per gestire database, proteggere sistemi, distribuire contenuti online, analizzare dati e sviluppare soluzioni di Intelligenza Artificiale.



Figure 2.4 Diagramma a torta che mostra i vari tool di AWS disponibili a seconda dei vari utilizzi

La presenza di servizi come QuickSight e SageMaker dimostra che AWS è passato dall'essere una semplice infrastruttura Cloud a una piattaforma articolata, utilizzabile per costruire, far funzionare e migliorare interi servizi digitali. In questo senso, la figura evidenzia la completezza di AWS: un ambiente unico in cui aziende e sviluppatori possono trovare le risorse necessarie per archiviare dati, analizzare informazioni e introdurre tecnologie avanzate come Machine Learning e AI. La nascita di AWS può, quindi, essere letta come il passaggio da un modello tradizionale a un

modello più flessibile. Prima, un'impresa doveva prevedere in anticipo quanta infrastruttura acquistare, con il rischio di spendere troppo o di non avere abbastanza capacità nei momenti di crescita. Con AWS, invece, diventava possibile usare risorse su richiesta, aumentandole o riducendole in base alle necessità. I vantaggi di avere una piattaforma IT del genere furono soprattutto i seguenti:

- riduzione dei costi iniziali;
- accesso rapido a storage e potenza di calcolo;
- maggiore scalabilità;
- possibilità per startup e piccoli sviluppatori di usare tecnologie avanzate;
- minore necessità di gestire direttamente server e data center.

In questo senso, AWS non nacque solo come nuovo prodotto di Amazon, ma come una nuova idea di infrastruttura digitale. La sua importanza sta nell'aver reso il Cloud Computing un servizio accessibile, pratico e utilizzabile su larga scala, aprendo la strada al modo in cui oggi aziende, piattaforme digitali e sistemi di Intelligenza Artificiale costruiscono i propri servizi online.

2.2.3 AWS oggi

AWS oggi è una delle piattaforme Cloud più importanti al mondo e viene utilizzata in moltissimi settori, dalle grandi imprese alle startup, dalla pubblica amministrazione alla sanità, fino al commercio elettronico. La sua funzione non è più limitata all'archiviazione dei dati o alla semplice potenza di calcolo, ma riguarda la costruzione di veri e propri ambienti digitali in cui le aziende possono far funzionare servizi, applicazioni, database e sistemi intelligenti. Questo rende AWS una piattaforma centrale nella trasformazione digitale contemporanea, perché permette a organizzazioni molto diverse tra loro di accedere a strumenti tecnologici avanzati senza dover costruire internamente tutta l'infrastruttura necessaria. Uno degli elementi che caratterizza AWS oggi è la sua infrastruttura globale. La piattaforma è distribuita in Regioni geografiche e Availability Zone, cioè aree fisiche separate ma collegate, progettate per rendere i servizi più affidabili e continui. Secondo i dati ufficiali, il Cloud AWS si estende su 123 Availability Zone all'interno di 39 Regioni geografiche, con ulteriori espansioni già annunciate. Questa organizzazione permette alle aziende di scegliere dove collocare dati e applicazioni, avvicinandoli agli utenti finali e migliorando velocità, stabilità e continuità dei servizi. Nell'uso quotidiano, AWS sostiene attività molto diverse. Ad esempio un'impresa può utilizzarlo per ospitare un sito web o gestire una piattaforma e-commerce, una banca può sfruttarlo per analizzare transazioni e migliorare la sicurezza; addirittura un ospedale può usarlo per gestire dati clinici e applicazioni digitali. Il vantaggio principale non consiste solo nella possibilità di aumentare o ridurre le risorse in base alle necessità pagando solo ciò che viene effettivamente utilizzato, ma Amazon, tramite anni di lavoro, è riuscita a sviluppare un vero e proprio ecosistema autonomo informatico. Dal punto di vista economico, AWS rappresenta una parte fondamentale del gruppo Amazon. Nei risultati del terzo trimestre del 2025, Amazon ha comunicato che le vendite del segmento AWS sono cresciute del 20% rispetto all'anno precedente, raggiungendo i 33 miliardi di dollari.

Nello stesso comunicato viene evidenziata anche la forte domanda legata all'Intelligenza Artificiale e all'infrastruttura Cloud di base. Questo dato mostra che AWS non è soltanto un supporto tecnico, ma un settore strategico che incide direttamente sulla crescita economica dell'azienda e sul mercato globale dei servizi digitali. Il ruolo più innovativo di AWS oggi riguarda l'Intelligenza Artificiale. La piattaforma, per supportare l'esplosione dell'AI, offre strumenti per sviluppare modelli di Machine Learning, applicazioni di AI generativa/predittiva e servizi capaci di automatizzare processi complessi. Attraverso servizi come Amazon Bedrock e Amazon SageMaker AI, le aziende possono costruire chatbot, assistenti virtuali, sistemi di raccomandazione, strumenti di analisi dei documenti e modelli capaci di elaborare testi, immagini e grandi quantità di informazioni. In conclusione AWS oggi può, quindi, essere visto come un'infrastruttura digitale completa, capace di collegare Cloud Computing, gestione dei dati, sicurezza, sviluppo software e Intelligenza Artificiale. La sua importanza nasce proprio da questa integrazione: esso non offre un singolo servizio, ma un ambiente in cui le imprese possono costruire, far crescere e aggiornare continuamente le proprie attività digitali. Per questo AWS è diventato uno dei motori principali dell'innovazione tecnologica, dando la possibilità di rendere più accessibili strumenti che fino a pochi anni fa richiedevano investimenti enormi, competenze specialistiche e infrastrutture fisiche complesse.

2.3 Amazon Web Services e il mondo Automotive

2.3.1 Tool di AWS per sistemi ADAS e guida autonoma

Il settore Automotive è uno degli ambiti in cui Amazon Web Services ha assunto un ruolo sempre più importante. Le automobili moderne non sono più soltanto mezzi meccanici, ma sistemi digitali complessi, collegati alla rete da sensori e centraline elettroniche. Per questo motivo le case automobilistiche hanno bisogno di infrastrutture capaci di gestire grandi quantità di dati, aggiornare applicazioni e sviluppare sistemi avanzati di assistenza alla guida. AWS si inserisce in questo contesto offrendo soluzioni Cloud dedicate a veicoli connessi, veicoli definiti dal software e mobilità autonoma. Il legame tra AWS e il mondo Automotive si comprende meglio se si guarda anche all'origine della piattaforma. Un caso di studio della Stanford School of Engineering del 2008, intitolato *Amazon Enters the Cloud Computing Business*, spiega che nel 2006 Jeff Bezos osservò come una parte rilevante dell'infrastruttura hardware di Amazon rimanesse inutilizzata nei periodi di bassa domanda. Da questa intuizione nacque l'idea di trasformare risorse interne, come spazio di archiviazione e potenza di calcolo, in servizi da offrire ad altre aziende. Questo passaggio è importante perché mostra la logica alla base di AWS: rendere disponibili risorse tecnologiche complesse sotto forma di servizi flessibili, utilizzabili da settori diversi. Nel mondo Automotive questa logica diventa particolarmente utile. Le case automobilistiche devono affrontare problemi molto simili a quelli che Amazon aveva già sperimentato su larga scala: gestire enormi quantità di dati, ridurre i costi dell'infrastruttura e accelerare l'innovazione.

Un veicolo moderno può produrre dati sul motore, sui consumi, sulla posizione, sulla batteria e sui sensori. Queste informazioni, se raccolte e analizzate attraverso il Cloud, possono migliorare la manutenzione e la sicurezza del veicolo. Uno degli aspetti più importanti riguarda il passaggio al *software-defined vehicle*, cioè un veicolo in cui molte funzioni dipendono dal software. In passato, gran parte delle caratteristiche di un'auto era definita al momento della produzione; oggi, invece, aggiornamenti, servizi digitali, infotainment, assistenti vocali e funzioni di sicurezza possono evolversi anche dopo la vendita. AWS offre soluzioni pensate proprio per aiutare le aziende Automotive a sviluppare piattaforme software e distribuirle in modo più rapido. Un altro ambito fondamentale è quello dei veicoli connessi. Attraverso il Cloud, i dati generati dall'automobile possono essere raccolti, archiviati e analizzati quasi in tempo reale. Questo consente, per esempio, di individuare anomalie prima che diventino guasti gravi e programmare interventi di manutenzione. AWS presenta le proprie soluzioni di *connected mobility* come strumenti per archiviare dati dei veicoli, integrarli con tecnologie di Intelligenza Artificiale e sviluppare nuovi servizi digitali con minori investimenti iniziali.

CAPITOLO 3

Utilizzo di Amazon Rekognition per l'identificazione di segnaletica stradale

Il terzo capitolo si propone di esplorare in modo ordinato il servizio Amazon Rekognition di Amazon Web Services, contestualizzandolo all'interno del più ampio panorama del mondo Automotive. Si partirà dalle fondamenta teoriche, ripercorrendo la nascita e l'evoluzione della Computer Vision, per poi illustrare il funzionamento specifico di Amazon Rekognition. La trattazione si concluderà con un'analisi applicativa focalizzata sul settore Automotive, dove verranno esaminati casi d'uso concreti, verrà valutata l'affidabilità del servizio in ambienti operativi reali e verranno discussi i possibili sviluppi futuri della tecnologia. L'obiettivo è fornire una visione completa evidenziando il potenziale di Amazon Rekognition in uno dei settori più dinamici dell'economia moderna.

3.1 Introduzione alla Computer Vision

3.1.1 Nascita e funzionamento della Computer Vision

Il Computer Vision è una disciplina dell'informatica che studia come consentire alle macchine di analizzare e comprendere le informazioni visive. Il suo obiettivo fondamentale è trasformare immagini o sequenze video in informazioni strutturate e significative, permettendo ai sistemi tecnologici di riconoscere oggetti, individuare pattern e prendere decisioni autonome sulla base di input visivi. È importante distinguerla dalla semplice elaborazione delle immagini, che riguarda operazioni di tipo tecnico, come la regolazione della luminosità o la riduzione del rumore. La Computer Vision punta a un'interpretazione semantica di livello superiore, ovvero comprendere il contenuto di un'immagine, non limitarsi a modificarla.

Le radici di questa disciplina risalgono agli anni Sessanta, quando i primi ricercatori iniziarono a esplorare la possibilità di far interpretare immagini ai calcolatori. Nel 1966, al MIT (Massachusetts Institute of Technology), Larry Roberts aveva già pubblicato lavori sulla descrizione tridimensionale di oggetti a partire da fotografie bidimensionali. Il progetto "Summer Vision" tentò per la prima volta di affrontare sistematicamente il problema della segmentazione visiva automatica. Nei decenni successivi la ricerca progredì lentamente, limitata dalla scarsa potenza computazionale disponibile e dalla difficoltà di rappresentare la complessità del mondo visivo con regole esplicite. La svolta avvenne con lo svilupparsi del Machine Learning, il quale permise alla Computer Vision di avvalersi di algoritmi addestrati su grandi insiemi di dati, capaci di affinare progressivamente le proprie capacità di riconoscimento. La qualità, la varietà e la dimensione dei dati di addestramento sono quindi determinanti: è da essi che dipende direttamente l'efficacia del sistema in scenari reali. Il processo attraverso cui un sistema elabora un'immagine segue una pipeline precisa. Tutto parte dall'acquisizione tramite sensore o fotocamera: l'immagine viene convertita in formato digitale e rappresentata come una matrice di pixel, ciascuno dei quali porta informazioni numeriche su colore e intensità. Su questo dato grezzo si applicano poi fasi successive di pre-elaborazione, come normalizzazione e ridimensionamento, per rendere l'input più uniforme e robusto. Il processo di funzionamento si conclude con l'estrazione delle caratteristiche, ovvero con l'identificazione di bordi, texture e forme che condensano le informazioni essenziali del contenuto visivo. Il cuore dell'elaborazione moderna risiede nelle reti neurali profonde, in particolare nelle reti neurali convoluzionali (CNN), le quali hanno rivoluzionato il settore eliminando la necessità di progettare manualmente le caratteristiche. Queste architetture apprendono in modo gerarchico: i livelli iniziali riconoscono strutture elementari, come i bordi,

mentre i livelli più profondi combinano queste informazioni per identificare oggetti complessi o intere scene. Negli ultimi anni si sono affiancati i Vision Transformer, che sfruttano meccanismi di attenzione per catturare relazioni spaziali anche a lunga distanza all'interno dell'immagine, superando spesso le CNN su dataset di grandi dimensioni. Il problema centrale che la Computer Vision affronta è quello della traduzione: convertire dati visivi grezzi, come pixel, colori e forme, in rappresentazioni strutturate che un sistema automatico può elaborare e su cui può ragionare. Fino a poco tempo fa, questa capacità richiedeva l'intervento umano in ogni fase del processo. Grazie all'integrazione tra grandi volumi di dati e potenza computazionale crescente oggi è possibile automatizzare il processo in modo affidabile aprendo la strada a servizi come Amazon Rekognition, che su questi principi costruisce le proprie funzionalità di analisi visiva.

3.1.2 Tecniche di riconoscimento automatico

Compreso il funzionamento della pipeline che trasforma un'immagine grezza in una rappresentazione elaborabile, il passo successivo è capire cosa un sistema di Computer Vision può effettivamente riconoscere e con quale grado di precisione. Le tecniche di riconoscimento automatico rappresentano il punto in cui gli algoritmi di Deep Learning smettono di essere infrastruttura e diventano capacità concreta di interpretare il mondo visivo. La forma più diretta di riconoscimento è la classificazione delle immagini. Il sistema analizza l'intera immagine e assegna un'unica etichetta in base a cosa riconosce nel soggetto da analizzare. Un modello addestrato su migliaia di esempi raccolti in numerosi dataset è in grado di associare un'immagine a una categoria specifica. Le tecniche principali di classificazione si identificano come:

- *Classificazione multi-classe*: estende la logica binaria (del riconoscere un elemento in un'immagine) a scenari ben più articolati, in cui le etichette possibili possono essere decine o centinaia. In questo caso il modello non si limita a scegliere tra due poli opposti, ma deve selezionare la categoria più appropriata all'interno di uno spazio decisionale molto più ampio. All'aumentare del numero di classi, cresce anche la complessità dell'addestramento, poiché il modello deve imparare a separare con precisione categorie che possono risultare visivamente simili tra loro.
- *Rilevamento degli oggetti*: introduce una dimensione ulteriore: infatti non si limita a stabilire cosa è presente nell'immagine, ma indica anche dove si trova. L'identificazione a livello di posizione avviene tramite il tracciamento di riquadri rettangolari, detti bounding box, attorno a ciascun elemento rilevato, consentendo il riconoscimento simultaneo di più soggetti all'interno della stessa scena. Tra gli algoritmi più diffusi per questo scopo figura YOLO (You Only Look Once), apprezzato per la sua capacità di operare in tempo reale su flussi video. Tale caratteristica lo rende particolarmente adatto a contesti dinamici come la sorveglianza o i sistemi di guida autonoma, dove identificare tempestivamente un ostacolo, un pedone o un altro elemento in movimento costituisce una condizione critica.
- *Segmentazione*: si applica quando la bounding box non è più sufficiente e si richiede una comprensione spaziale più fine. Aniché delimitare gli oggetti con rettangoli approssimati, questa tecnica assegna un'etichetta a ogni singolo pixel dell'immagine, producendo una mappa dettagliata del suo contenuto. La segmentazione semantica raggruppa tutti i pixel appartenenti alla stessa categoria, trattandoli come un insieme omogeneo.

Nella Tabella 3.1 vengono riportate le tecniche principali di classificazione nell'analisi di un'immagine e le loro caratteristiche principali:

Tecnica	Unità di analisi	Cosa identifica	Livello di dettaglio	Esempio d'uso
Classificazione multi-classe	Regione dell'immagine	Scansione dell'immagine per ricerca di elementi	Basso	Rilevamento di pedoni in un sistema di guida autonoma
Rilevamento degli oggetti	Singolo pixel	Presenza e posizione degli oggetti tramite bounding box	Medio	Distinzione tra strada, cielo e edifici in una scena urbana
Segmentazione delle istanze	Singolo pixel	Categoria e identità individuale di ciascun oggetto	Alto	Separazione di due pedoni sovrapposti nella stessa inquadratura

Table 3.1 Tecniche principali di riconoscimento nell'analisi di un'immagine

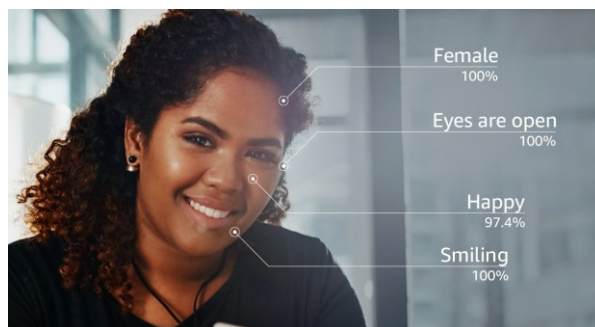
Tutte queste tecniche condividono un presupposto comune, ovvero la necessità di un addestramento su dataset ampi e ben dettagliati, attraverso cui il modello impara a distinguere le caratteristiche rilevanti di ciascuna categoria, ignorando le variazioni irrilevanti di sfondo, illuminazione o prospettiva. È questa fase che determina la qualità del riconoscimento e, di conseguenza, l'affidabilità del sistema nelle condizioni reali in cui verrà impiegato. Nel caso di Amazon Rekognition, queste stesse tecniche costituiscono il nucleo operativo del servizio, applicato su scala cloud a scenari che spaziano dalla moderazione dei contenuti all'analisi biometrica.

3.2 Amazon Rekognition

3.2.1 Funzionamento di Amazon Rekognition

Nel panorama dei servizi cloud dedicati all'Intelligenza Artificiale, Amazon Rekognition rappresenta una delle soluzioni più mature e complete per l'analisi automatizzata di contenuti visivi. Sviluppato da Amazon Web Services, il servizio nasce con l'obiettivo di rendere accessibili tecnologie di visione artificiale che, fino a pochi anni fa, richiedevano competenze specialistiche e infrastrutture dedicate difficilmente scalabili. La sua architettura cloud-native lo colloca come strumento di riferimento per sviluppatori e organizzazioni che intendono integrare capacità percettive avanzate nelle proprie applicazioni, senza dover affrontare la complessità di addestrare e mantenere modelli proprietari.

Il funzionamento di Rekognition si fonda su modelli di Deep Learning sviluppati dai team di ricerca di Amazon. Le funzionalità del servizio vengono esposte attraverso API, ossia interfacce di programmazione che consentono a sistemi software distinti di comunicare tra loro, permettendo così a qualsiasi applicazione esterna di interrogare il motore di analisi di Rekognition con una semplice richiesta di rete. Il servizio opera su due tipologie di input distinte. *Figure 3.1 Funzionamento di Amazon Rekognition*



Per le immagini, l'analisi restituisce risultati in modo sincrono, il che la rende adatta a contesti che richiedono bassa latenza. Come mostra la Figura 3.1, dato un volto femminile sorridente, il sistema è in grado di identificare gli attributi facciali specifici, come genere, stato degli occhi, presenza del sorriso, ciascuno accompagnato dal proprio punteggio di confidenza. Per i video, Rekognition adotta, invece, un approccio asincrono: l'elaborazione viene avviata tramite una richiesta iniziale e i risultati vengono resi disponibili al termine dell'analisi, notificando il sistema chiamante attraverso meccanismi di messaggistica dedicati. Ogni richiesta viene processata da modelli specializzati restituendo output accompagnati da punteggi di confidenza che permettono agli sviluppatori di calibrare soglie di accettazione. La sua integrazione con l'ecosistema AWS rende Rekognition non solo uno strumento di analisi visiva, ma anche un componente strutturale pensato per inserirsi organicamente all'interno di architetture cloud più ampie e articolate.

3.2.2 Principali utilizzi di Amazon Rekognition

Le capacità tecniche di Amazon Rekognition trovano applicazione concreta in una gamma ampia e diversificata di contesti, che spaziano dalla sicurezza informatica alla gestione di contenuti digitali. Comprendere questi scenari d'uso permette di apprezzare non solo la versatilità del servizio, ma

anche la sua rilevanza strategica in settori dove l'analisi visiva automatizzata può tradursi in vantaggi operativi significativi.

Uno degli ambiti di applicazione più diffusi riguarda la verifica dell'identità. Rekognition consente di confrontare il volto di un utente con un'immagine di riferimento precedentemente

§3.2 Amazon Rekognition

acquisita, determinando con elevata precisione se le due rappresentazioni corrispondono alla stessa persona. La Figura 3.2 illustra come queste capacità si traducano in un flusso applicativo concreto: l'utente sottomette una fotografia o un documento d'identità, il sistema ne valida la qualità e confronta il volto con quello presente sul documento. Una volta classificata la tipologia di documento, il sistema estrae i dati identificativi per i processi a valle, restituendo in uscita un utente autenticato o registrato. Il servizio include funzionalità di rilevamento della vivacità facciale, capaci di distinguere un utente reale fisicamente presente davanti alla telecamera da tentativi di frode basati su fotografie, video preregistrati o maschere tridimensionali.

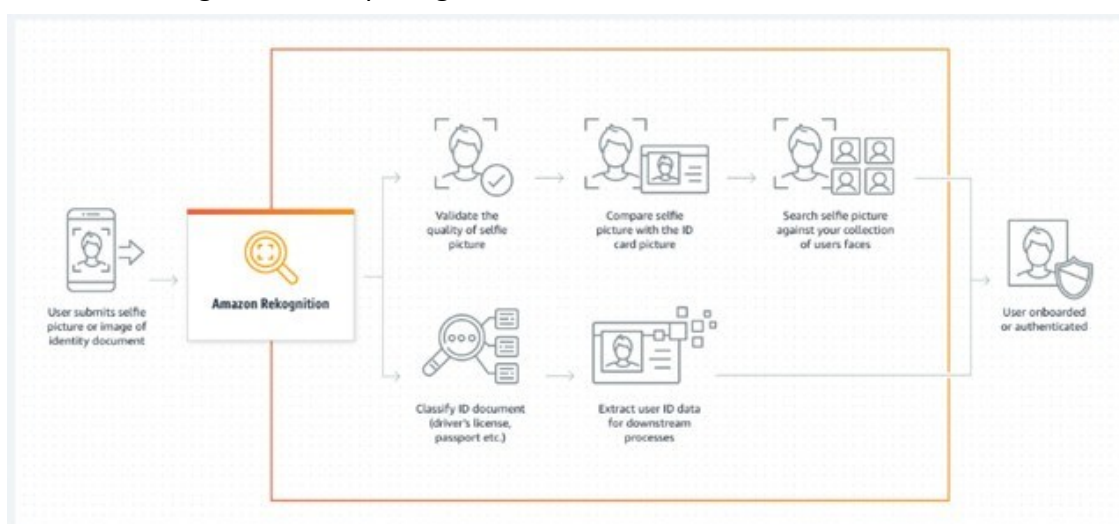


Figure 3.2 Flusso di funzionamento di Amazon Rekognition per la verifica e il riconoscimento di documenti d'identità

Più in generale, la flessibilità architetturale di Rekognition lo rende adatto a un insieme eterogeneo di scenari applicativi come:

- *Moderazione dei contenuti:* identificazione e filtraggio automatico di materiale esplicito, violento o inappropriato in piattaforme che gestiscono grandi volumi di contenuti generati dagli utenti.
- *Estrazione di testo da immagini:* rilevamento e indicizzazione di testo stampato o scritto a mano presente in fotografie, cartelli e documenti scansionati.
- *Librerie multimediali ricercabili:* etichettatura automatica di immagini e video tramite riconoscimento di oggetti, scene e concetti, per facilitarne il recupero e la catalogazione.

- *Sicurezza sul lavoro*: verifica in tempo reale del corretto utilizzo di dispositivi di protezione individuale attraverso l'analisi di flussi video provenienti da ambienti industriali.

La trasversalità di questi scenari testimonia come Rekognition non sia pensato per un verticale specifico, ma come infrastruttura visiva orizzontale, adattabile a logiche applicative profondamente diverse tra loro.

3.3 Amazon Rekognition nel contesto Automotive

Nel mondo odierno l'Intelligenza Artificiale sta guadagnando sempre più spazio nella vita di tutti i giorni. Una delle reazioni figlie di questo processo è l'implementazione o l'utilizzo di Intelligenza Artificiale in molti degli obiettivi raggiunti recentemente dal mondo dell'Ingegneria. Essendo il mondo Automotive e i suoi possibili sviluppi futuri il topic di questo studio, tramite l'aiuto di una serie di tool provenienti dal mondo cloud di Amazon, sono stati svolti molteplici tentativi per cercare di semplificare l'esperienza di guida. Utilizzando l'infinito potere di calcolo associato all'Intelligenza Artificiale è possibile ridefinire i limiti del mondo automobilistico. In questa prima parte di "Casi d'uso" di utilizzo di tool abbiamo testato il riconoscimento di immagini svolto da un computer al fine di mostrare come si allena una macchina a "vedere".

3.3.1 Casi d'uso

L'analisi dei casi d'uso è stata condotta con l'obiettivo di valutare il comportamento di AWS Rekognition in scenari riconducibili al contesto Automotive, osservando in che modo il sistema interpreta immagini acquisite in ambienti stradali e quale livello di affidabilità riesce a raggiungere nel riconoscimento della segnaletica stradale e di semafori. La ricerca si è basata sulla selezione di differenti scene di guida caratterizzate da condizioni visive differenti. L'interesse principale non riguarda, quindi, il semplice riconoscimento generico della scena, ma la capacità del servizio di distinguere, all'interno di un'immagine complessa, elementi rilevanti per la guida.

Il funzionamento di base del sistema può essere osservato nella Figura 3.3, in cui è presente un segnale di stop in posizione centrale e ben visibile. In questo caso AWS Rekognition produce un risultato particolarmente efficace, poiché riesce a identificare non solo la presenza di un cartello, ma anche la natura specifica dell'elemento rilevato, riconducendolo

alla segnaletica di un segnale di stop.



Figure 3.3 Esempio di utilizzo di Amazon Rekognition

Questo esempio costituisce un riferimento iniziale utile per comprendere la logica dell'analisi: il sistema interpreta l'immagine, assegna etichette descrittive agli oggetti individuati e associa a ciascuna di esse un valore di confidenza, che consente di valutare il grado di attendibilità del risultato. A partire da questo primo riferimento, i casi analizzati incrementano la complessità di analisi. Al fine di svolgere un'analisi, gli esempi riportati possono essere interpretati secondo tre livelli di esito: positivo, parzialmente positivo e negativo.

Nei casi con risultato positivo, rappresentati dalle prime immagini, il sistema dimostra una buona capacità di lettura della scena stradale e riesce a riconoscere in modo coerente gli elementi principali dell'ambiente di guida. Nella Figura 3.4 AWS Rekognition individua correttamente il contesto urbano, tra cui la carreggiata, i veicoli e la presenza di cartelli. Nonostante la scena sia più articolata rispetto al caso del segnale di stop l'analisi risulta efficace.

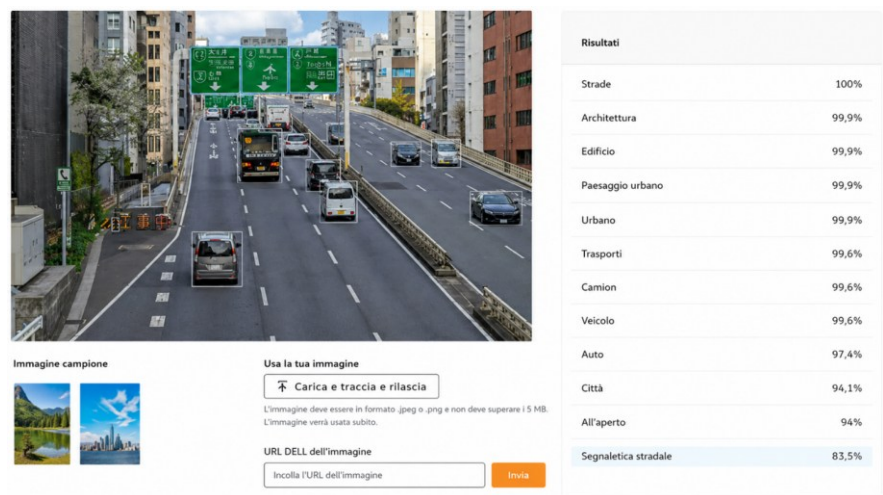


Figure 3.4 Primo esempio di riconoscimento riuscito in una dinamica urbana

La Figura 3.5 mostra un caso analogo in un ambiente urbano ad alta densità visiva, dove Amazon Rekognition analizza una scena stradale caratterizzata da elementi tipici di una grande metropoli. Il sistema, in questo caso, viene testato per valutare la sua capacità di riconoscere semafori: in questo contesto, comunque, restituisce etichette ad altissima confidenza per categorie come strada, auto e trasporti, tutte superiori al 99,5%, dimostrando una solida capacità di classificazione del contesto generale. Vengono, inoltre, rilevati correttamente elementi più specifici come il semaforo e la presenza di persone, con valori comunque elevati (valori superiori al 97%). In questi casi il risultato può essere considerato positivo perché il sistema riesce a combinare il riconoscimento del contesto generale con l'individuazione degli elementi specifici collegati alla guida.

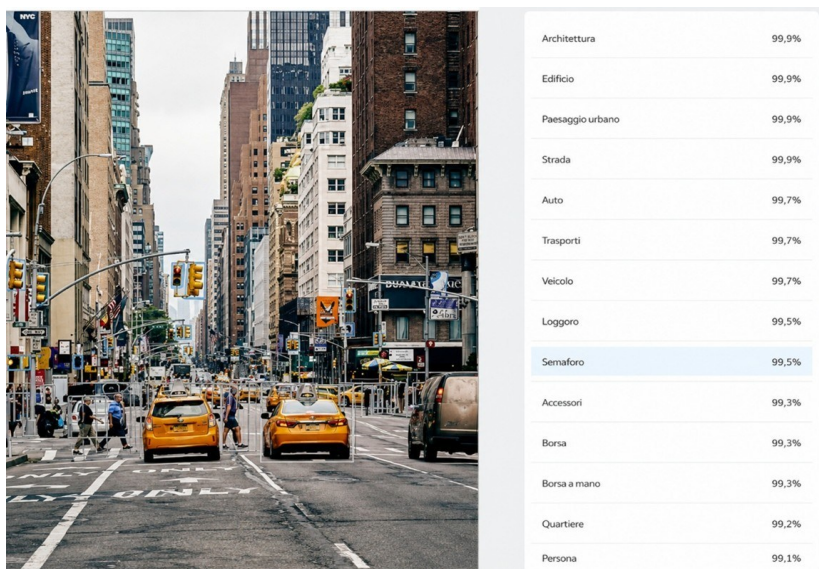


Figure 3.5 Secondo esempio di riconoscimento riuscito in una dinamica urbana

Un diverso livello di prestazione emerge invece nelle immagini che hanno prodotto un risultato solo parzialmente positivo. La Figura 3.6, relativa alla Route 66, mostra una scena stradale ampia, ben illuminata e qualitativamente valida come immagine, ma il riconoscimento della segnaletica avviene con minore precisione rispetto ai casi precedenti. Il sistema comprende correttamente la natura della scena, riconoscendo la strada, l'asfalto e la presenza di cartelli, ma il segnale principale non viene interpretato con la stessa sicurezza osservata nell'esempio dello stop (solo il 73%).

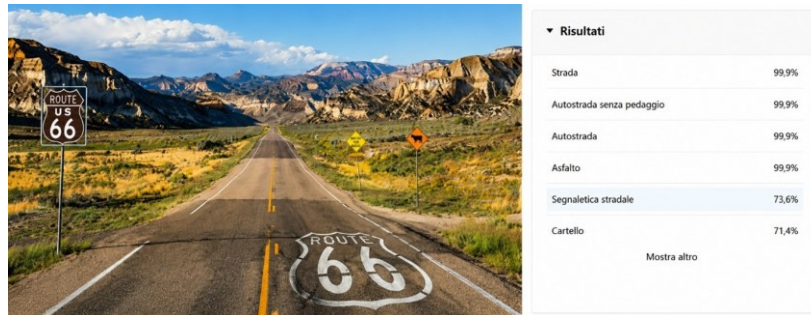


Figure 3.6 Primo esempio di riconoscimento parzialmente riuscito in una dinamica urbana

La Figura 3.7 presenta, invece, criticità legate soprattutto alle condizioni ambientali. La scena è caratterizzata da illuminazione irregolare e ombre mentre i segnali sono presenti, ma risultano ben inseriti in un ambiente visivamente complesso. In questo caso Amazon Rekognition riesce a descrivere correttamente il contesto urbano, ma fatica ad attribuire alla segnaletica un ruolo centrale nell'analisi. Il risultato è, quindi, parziale, perché il sistema riconosce la scena stradale nel suo insieme, ma non restituisce con sufficiente solidità l'informazione più rilevante ai fini della guida autonoma.

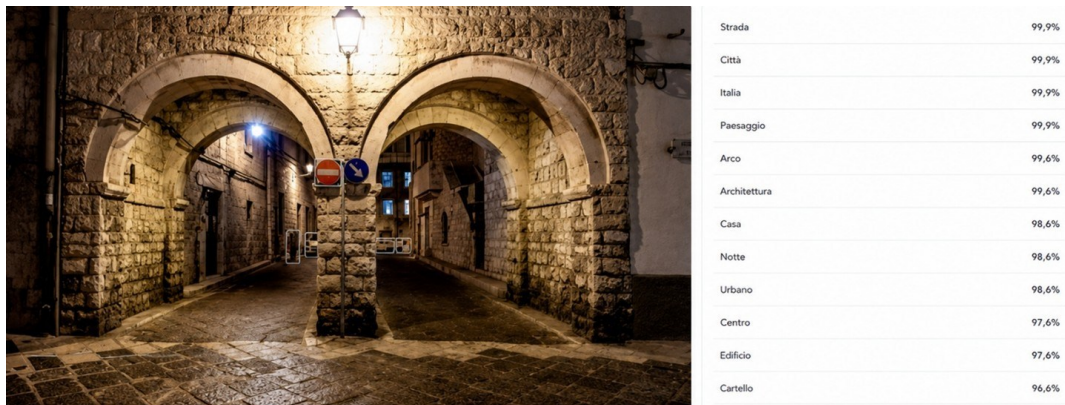


Figure 3.7 Secondo esempio di riconoscimento parzialmente riuscito in una dinamica urbana

Le ultime due immagini evidenziano, invece, situazioni in cui il riconoscimento non raggiunge un esito sufficiente. Nella Figura 3.8 la qualità visiva è complessivamente buona e il contesto stradale appare chiaramente leggibile, ma AWS Rekognition concentra la propria analisi su pedoni, veicoli, attraversamenti e altri elementi urbani di maggiore evidenza percettiva, trascurando la

segnaletica verticale presente nella scena. Il limite non dipende, quindi, necessariamente da una scarsa qualità dell'immagine, ma dalla distribuzione degli oggetti al suo interno.

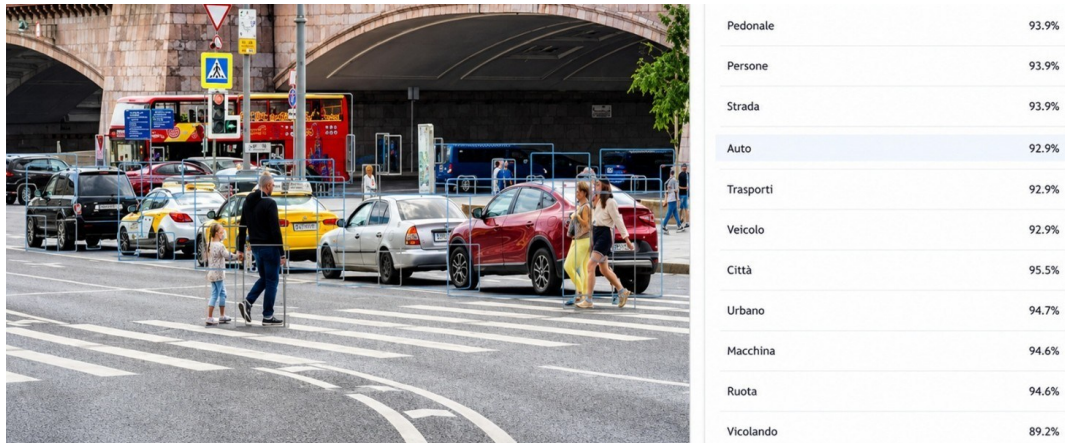


Figure 3.8 Primo esempio di riconoscimento fallito in una dinamica urbana

La Figura 3.9 accentua ulteriormente questa criticità. L'ambiente urbano è ricco di insegne, cartelli commerciali, veicoli e persone, generando una forte ambiguità visiva tra segnaletica utile alla circolazione e comunicazione grafica non stradale. In questa situazione il sistema riconosce correttamente il carattere metropolitano della scena, ma non riesce a distinguere in modo affidabile i segnali stradali (riconoscimento inferiore al 50%).

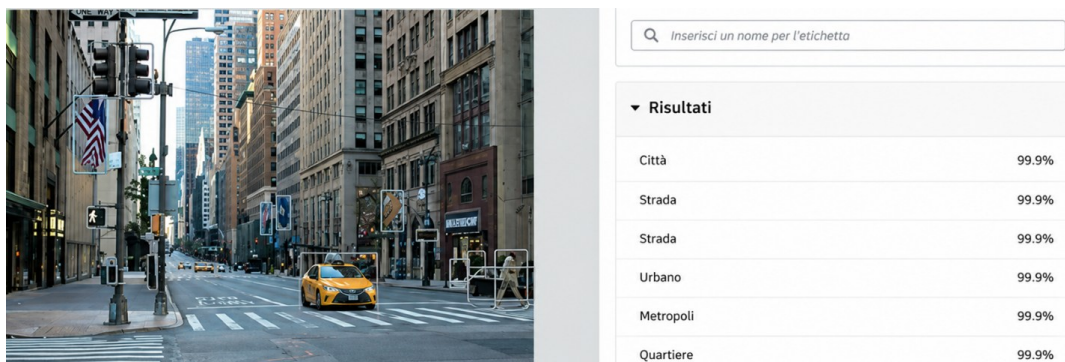


Figure 3.9 Secondo esempio di riconoscimento fallito in una dinamica urbana

Nel complesso, i casi osservati mostrano che AWS Rekognition può offrire risultati soddisfacenti anche se l'efficacia del riconoscimento tende a diminuire quando la scena diventa più complessa o quando sono presenti elementi grafici e strutturali capaci di generare ambiguità. Questo aspetto è particolarmente rilevante in ambito Automotive: il valore del riconoscimento non dipende soltanto dalla capacità di descrivere una scena, ma soprattutto dalla possibilità di selezionare in modo tempestivo e affidabile le informazioni effettivamente utili alla guida.

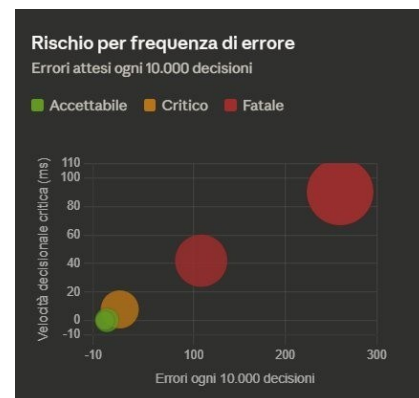
3.3.2 Affidabilità di Amazon Rekognition

Garantire l'affidabilità di un sistema di visione artificiale in ambito Automotive è un punto fondamentale. Non significa soltanto verificarne le prestazioni in condizioni ideali, ma valutarne il comportamento nell'intera gamma di scenari che la guida reale può presentare. In questo senso, l'analisi dei risultati ottenuti da Amazon Rekognition assume una duplice valenza: da un lato consente di identificare i contesti in cui il sistema opera con efficacia, dall'altro mette in luce i limiti che potrebbero tradursi in rischi concreti per la sicurezza dei passeggeri, e non solo.

Tuttavia, i grafici elaborati a partire dai dati raccolti offrono una lettura più ordinata dei limiti del sistema.

Il grafico sul rischio per frequenza di errore (Figura 3.10) è costruito con l'asse delle X basato sugli errori ogni tot decisioni e l'asse delle Y sulla velocità decisionale. L'immagine mostra come le bolle verdi, rappresentative di contesti a basso rischio, si collochino nell'area con errori rari e conseguenze limitate. Le bolle rosse, al contrario, migrano progressivamente in modo pericoloso verso valori più critici.

Figure 3.10 Grafico per il rischio per frequenza di errore



Nel caso della guida autonoma si superano i 250 errori ogni 10.000 decisioni, con tempi di reazione nell'ordine dei 90 millesimi di secondo, decisamente superiori a un limite temporaneo affidabile. La Figura 3.11 rende ancora più esplicito questo divario a livello di risultati: mentre la baseline in condizioni ottimali si attesta costantemente al 99,5%, l'accuratezza reale degrada progressivamente al peggiorare delle condizioni ambientali, passando dall'87% in presenza di nebbia al 78% con occlusioni parziali, fino al 71% in caso di angolazione estrema. Condizioni di visibilità non ottimali sono situazioni che vanno tenute in considerazione in contesti di guida odierni, in quanto possono risultare pericolose.

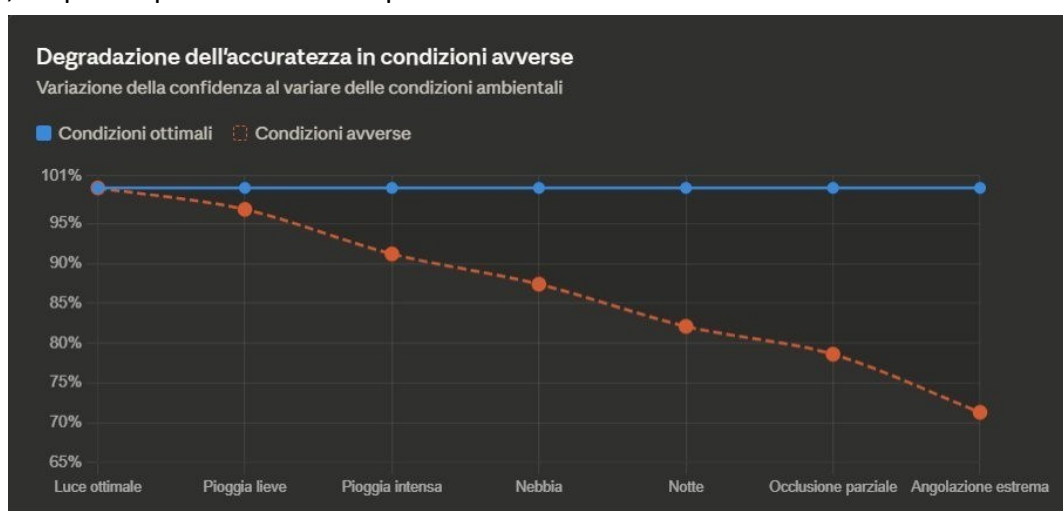


Figure 3.11 Grafico che illustra la degradazione dell'accuratezza in condizioni avverse

AWS Rekognition è uno strumento potente quando opera in condizioni favorevoli, ma presenta margini di errore significativi in determinate condizioni. L'accuratezza dichiarata nei benchmark non può sempre essere trasferita automaticamente a contesti reali, dove variabili ambientali riducono sensibilmente le prestazioni con conseguenze potenzialmente gravi.

3.3.3 Possibili sviluppi futuri

La guida completamente automatizzata rappresenta un obiettivo complesso, che richiede non solo innovazioni tecnologiche, ma anche il superamento dei limiti attuali dei sistemi di visione artificiale. Questi strumenti, pur efficaci in condizioni controllate, mostrano ancora criticità quando devono operare in scenari stradali, caratterizzati da variabilità, imprevedibilità e condizioni ambientali difficili. Come precedentemente dimostrato, uno dei principali ostacoli riguarda la perdita di accuratezza in presenza di precipitazioni o scarsa illuminazione. Per questo motivo, la ricerca si orienta sempre più verso l'integrazione di telecamere, LiDAR e radar. La combinazione di sensori permette di compensare i limiti della sola visione ottica, offrendo al veicolo informazioni più affidabili su profondità e distanza. Un altro aspetto decisivo è l'elaborazione in tempo reale. La guida autonoma richiede decisioni nell'ordine dei millisecondi e ciò rende necessario l'impiego di hardware dedicato. L'obiettivo è trovare soluzioni che consentano di ridurre la latenza e garantire continuità operativa. In conclusione, il futuro della guida autonoma dipenderà dalla convergenza tra sensori complementari, infrastrutture intelligenti e normative capaci di certificare la sicurezza anche nei casi limite.

Utilizzo di Amazon Comprehend per l'estrazione di terminologia tecnica

Il quarto capitolo si propone di esplorare il servizio Amazon Comprehend di Amazon Web Services, contestualizzandolo all'interno del più ampio panorama del mondo Automotive. Si partirà dalle fondamenta teoriche, ripercorrendo poi il funzionamento specifico di Amazon Comprehend. La trattazione si concluderà con un'analisi applicativa focalizzata sul settore Automotive, dove verrà esaminato il suo ruolo come base tecnologica e concettuale per un assistente di bordo intelligente che potrebbe semplificare il processo di guida, valutandone l'affidabilità in ambienti operativi reali e discutendo i possibili sviluppi futuri. L'obiettivo è fornire una visione completa del potenziale di Amazon Comprehend in uno dei settori più dinamici dell'economia moderna.

4.1 Amazon Comprehend

4.1.1 Funzionamento di Amazon Comprehend

Nel panorama dei servizi cloud dedicati all'Intelligenza Artificiale, poche tecnologie risultano tanto trasversali quanto quelle capaci di leggere e interpretare il linguaggio umano. Comprendere un testo è un compito che per decenni ha richiesto intervento umano diretto. Amazon Comprehend si inserisce in questo spazio con una proposta precisa: rendere l'elaborazione del linguaggio naturale accessibile e integrabile all'interno di architetture software esistenti.

Il funzionamento del servizio si articola attorno a una serie di capacità analitiche che operano sul testo in ingresso, fornito dall'utente. In primo luogo, Amazon Comprehend è in grado di rilevare automaticamente la lingua in cui un documento è scritto, un prerequisito fondamentale a prescindere dall'obiettivo finale. A partire da questa identificazione, il sistema procede all'estrazione di entità citate nel testo analizzato, che poi vengono classificate in categorie semantiche predefinite. Parallelamente, vengono isolate le frasi chiave che sintetizzano i concetti portanti del testo, offrendo una via rapida alla comprensione dei contenuti anche in situazione di testi di grandi dimensioni.

Come illustrato nella Figura 4.1, Amazon Comprehend si colloca come nodo centrale tra una diversa varietà di sorgenti testuali in ingresso, le quali, appunto, fungono da elemento da analizzare, e un insieme strutturato di output analitici, restituiti con relativi punteggi di confidenza. Questa rappresentazione visiva rende esplicita la natura del servizio come componente di trasformazione, capace di ricevere testo grezzo eterogeneo e produrre informazioni suddivise e classificate.

§4.1 Amazon Comprehend

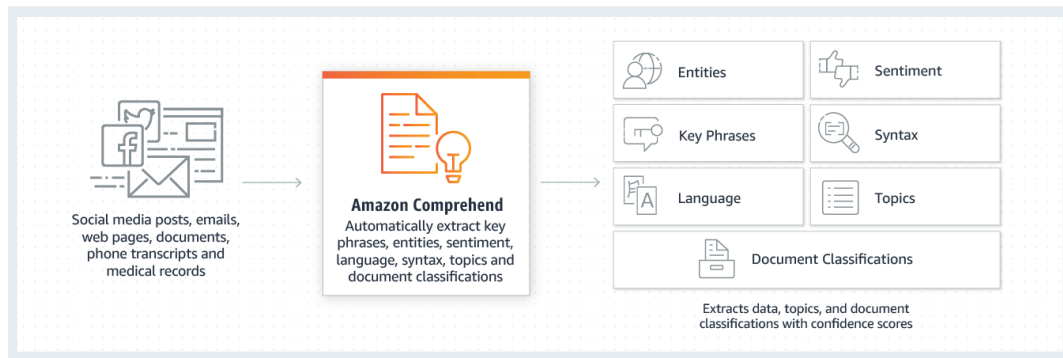


Figure 4.1 Funzionamento a livello concettuale di Amazon Comprehend

Centrale nell'architettura del servizio è l'analisi del sentimento espresso nella frase, che classifica il tono complessivo di un testo in quattro categorie — positivo, negativo, neutro e misto — ciascuna accompagnata da un punteggio di confidenza che ne misura la certezza statistica. Amazon Comprehend supporta sia l'elaborazione in tempo reale sia quella asincrona in batch, per la gestione di grandi volumi documentali. È possibile addestrare il proprio modello, inoltre, su dataset specifici, etichettando un numero limitato di esempi per insegnargli a riconoscere categorie specifiche al proprio dominio applicativo. Il servizio include, infine, funzionalità di rilevamento e oscuramento di informazioni personali identificabili, rispondendo a esigenze crescenti di conformità normativa. Ciò che emerge da questa architettura è un sistema pensato non come strumento isolato, ma come livello abilitante: una componente che si innesta in pipeline più ampie e trasforma flussi di testo grezzo (email, recensioni, articoli, documentazione tecnica) in dati strutturati e interrogabili. È proprio questa vocazione all'integrazione, unita alla semplicità di accesso, a rendere Amazon Comprehend un punto di riferimento nel panorama cloud.

4.1.2 Principali utilizzi di Amazon Comprehend

La capacità di estrarre informazioni importanti da ingenti quantità di documenti rappresenta da sempre una sfida rilevante nel mondo lavorativo, tanto sul piano delle risorse da utilizzare quanto su quello del tempo necessario. Amazon Comprehend si propone come risposta concreta a questa esigenza. La reale portata del servizio emerge, tuttavia, con maggiore chiarezza quando lo si osserva all'interno di contesti operativi specifici in cui trova applicazione.

Nel settore del commercio al dettaglio e dell'e-commerce, ad esempio, l'adozione di Amazon Comprehend consente di trasformare l'analisi delle recensioni della clientela da attività campionaria a processo sistematico e continuativo. Il servizio è in grado di identificare le entità ricorrenti come attributi di prodotto apprezzati, aree di miglioramento e aggregare i risultati in una

visione strutturata della percezione di mercato. Tutte queste semplificazioni permettono di ridurre significativamente il ricorso all'analisi manuale.

In ambito legale, le capacità di classificazione documentale del servizio supportano efficacemente più tipologie di processi. Amazon Comprehend consente l'esplorazione in modo più rapido di archivi estesi di contratti, verbali e comunicazioni alla ricerca di riferimenti normativi o clausole specifiche. Il risultato è una redistribuzione del carico di lavoro che valorizza le competenze professionali specialistiche, concentrandole sulle attività che richiedono effettivo giudizio interpretativo. Analoghe considerazioni si applicano alla gestione del servizio clienti: la classificazione automatica delle richieste in ingresso consente uno smistamento più preciso verso i team di competenza, con benefici misurabili sui tempi di risposta e sulla qualità dell'esperienza erogata.

Nei settori media e comunicazione il monitoraggio sistematico di grandi volumi di contenuti permette di individuare con anticipo tendenze emergenti, traducendo la capacità di ascolto del mercato in un vantaggio strategico concreto. Non è un segreto che negli ultimi decenni sia in corso una digitalizzazione di ogni sorta di campo lavorativo.

4.2 Amazon Comprehend nel contesto Automotive

In questa seconda parte dei "Casi d'uso" l'obiettivo è stato distaccarsi dall'idea di un'Intelligenza Artificiale che può aiutare solo il computer e cercare un campo del mondo automobilistico dove potesse risultare utile direttamente all'uomo. Tra i suoi possibili sviluppi è stato interessante immaginare l'utilizzo di Amazon Comprehend come tool per allenare un ipotetico assistente AI che fosse in grado di fornire assistenza in situazioni di emergenza o di guasto del veicolo.

4.2.1 Casi d'uso

Al fine di comprendere concretamente le capacità operative di Amazon Comprehend in contesti linguistici altamente specializzati, è stata condotta una serie di esperimenti nei quali il servizio è stato sottoposto all'analisi di testi tecnici estratti da manuali di manutenzione automobilistica. I documenti selezionati riguardano procedure operative specifiche: dalla sostituzione di componenti ottici alla gestione della sicurezza elettrica fino alle operazioni sul telaio. Questi, ovviamente, sono caratterizzati da un linguaggio settoriale e da una terminologia procedurale propria del settore Automotive. La Figura 4.2 analizza un estratto relativo alle misure di sicurezza elettrica preliminari ad un ipotetico intervento sul faro di un veicolo. Osservando i risultati provenienti dall'analisi, notiamo che il sistema individua "Keyless-Go" come Commercial item (0.55) e "almeno 5 minuti" come Quantity (0.59), dimostrando la capacità di cogliere non solo entità nominali ma anche espressioni temporali che nel testo rivestono un ruolo procedurale cruciale. L'unica classificazione palesemente imprecisa riguarda "disattivazione", etichettata come Date (0.58), verosimilmente per un'interferenza legata al suffisso del termine in determinati pattern linguistici appresi dal modello.

▼ Analyzed text

CAPITOLO 1 Preparazione, Misure di Sicurezza Elettrica e Accesso al [Spazio Ottico](#).

Questo capitolo fornisce le procedure preliminari e le indispensabili norme di sicurezza per operare in prossimità dei circuiti elettrici e dei componenti ottici della vettura.

1.1 Procedura di Disattivazione Elettrica e Selezione dell'Interruttore

Prima di procedere con l'apertura o la rimozione di qualsiasi componente elettrico, è obbligatorio isolare il circuito elettrico per prevenire infortuni e danni all'elettronica di bordo.

WARNING (Sicurezza Elettrica): Spegnerne il motore e rimuovere la chiave dal quadro di accensione. Per i veicoli dotati di [Sistema Go](#), assicurarsi che la chiave sia posizionata a una distanza di sicurezza ([sezione 2 verde](#)) per prevenire l'attivazione accidentale dei sistemi. Attendere [almeno 5 minuti](#) prima di toccare qualsiasi componente del [faro](#), specialmente se il veicolo è dotato di fari Xenon (ad alta intensità) o luci [LED](#), mantengono una carica residua pericolosa.

▼

▼ Results

Q Search

< 1 2 > ⚙

Entity	Type	Confidence
CAPITOLO 1	Quantity	0.64
Spazio Ottico	Organization	0.54
Keyless-Go	Commercial Item	0.55
sezione 2 verde	Quantity	0.66
almeno 5 minuti	Quantity	0.59
disattivazione	Date	0.58
LED	Other	0.77

Figure 4.2 Primo esempio di utilizzo di Amazon Comprehend

La Figura 4.3 si concentra sulla parte di testo successiva riguardante la fase operativa vera e propria: la manipolazione, l'estrazione della lampada guasta e la rimodellazione del bulbo. Qui il sistema mostra una notevole precisione nell'identificare le misure tecniche di riferimento: "1/8" raggiunge una confidenza di 0.97 e "1/4 di giro" di 0.65, entrambi classificati come Quantity, valori tipici della documentazione procedurale che indicano angoli di rotazione o frazioni di avvitamento. Malgrado il tecnicismo del linguaggio utilizzato in questo manuale notiamo, comunque, come il sistema sia riuscito a svolgere l'operazione di analisi e riconoscimento testuale.

▼ Analyzed text

CAPITOLO 2

Manipolazione, Estrazione della Lampada Guasta e Rimodellazione del Bulbo

Questa sezione descrive la procedura dettagliata per la rimozione del bulbo e successiva installazione del nuovo, con attenzione all'allineamento.

2.1 Disconnessione del Connettore Elettrico del Portalampea

Prima di staccare di nuovo il bulbo, è necessario scollegare due misure rimosse dal portalampea per evitare di danneggiare i cavi o il fissaggio meccanico.

- Spaggio del Connettore:** Localizzare il connettore in plastica collegato alla base del bulbo. Afferrare saldamente per il corpo in plastica e spingere la linguetta di bloccaggio (se presente) prima di tirare.
- Movimento:** Sfilare il connettore con un movimento diretto e deciso. Evitare di tirare i singoli cavi perché i cavi potrebbero rompersi a ridosso della guaina interna.
- Isolamento:** Una volta rimosso, ispezionare il connettore e il relativo cablaggio in modo da non ostacolare la manipolazione successiva del portalampea.

2.2 Rimozione del Portalampea dal Riflettore Ottico di Allungamento

▼ Results

Q Search

<

1

2

>

🔍

Entity	Type	Confidence
CAPITOLO 2	Quantity	0.65
cavi	Quantity	0.58
Classe C	Other	0.86
1/8	Quantity	0.97
1/4 di giro	Quantity	0.65

Figure 4.3 Secondo esempio di utilizzo di Amazon Comprehend

Passando alle Figure 4.4 e 4.5, in questo caso i test sono relativi ad una Volkswagen Polo e alla possibile sostituzione di uno pneumatico. Nella Figura 4.4, più in particolare, il sistema dimostra un'ottima capacità di contestualizzazione: "Volkswagen" viene correttamente classificato come Organization (0.84), mentre "Polo Serie 8" raggiunge una confidenza di 0.99+ come Commercial item, a testimonianza di quanto il modello sappia riconoscere con precisione denominazioni commerciali ben strutturate. Degna di nota è anche la classificazione di "Polo VW" come Commercial item (0.74), a riprova della capacità del sistema di gestire varianti denominative dello stesso prodotto all'interno del medesimo testo.

▼ Analyzed text

Text1 - Polo VVF / cambio gomma

Manuale Istruttivo Esteso: Gestione e Sostituzione del Pneumatico su Volkswagen Polo Serie 8 (AW)

Capitolo 1: Valutazione del Contesto, Dotazioni e Misure di Sicurezza Avanzate

Questo capitolo copre la preparazione preliminare, fondamentale per operare in sicurezza su un veicolo moderno. La Polo Serie 8 è dotata di sistemi di assistenza e componenti sensibili che richiedono cautela prima del sostituirlo.

1.1 Analisi del Kit di Emergenza e delle Dotazioni Polo AW

Sulla moderna Polo Serie 8, è essenziale identificare quale sistema di emergenza è in dotazione, poiché molti allestimenti escludono la ruota di scorta fisica.

Protezione Standard FPO e Mobilità V6h 1.5 a benzina: ruota di Bordo di Emergenza Azionato a motore con 8 Tira Mobilità; Ed. V6h con benzina: ruota di emergenza che si srotola in dotazione; ruota di Bordo con 1.5 a benzina, ed.

▼ Results

Entity	Type	Confidence
Text1	Other	0.39
Polo VVF	Commercial item	0.74
Volkswagen	Organization	0.84
Polo Serie 8	Commercial item	0.95
AW	Commercial item	0.46
Capitolo 1	Quantity	0.75
Polo Serie 8	Commercial item	0.99+

Figure 4.4 Terzo esempio di utilizzo di Amazon Comprehend

La Figura 4.5, relativa alla fase operativa di sollevamento e sostituzione del telaio, conferma le tendenze già osservate: "Polo Serie 8" viene nuovamente riconosciuto come Commercial item con una buona confidenza totalizzando un valore di 0.88. Per quanto riguarda "MQB A0" — sigla che identifica la piattaforma modulare del gruppo Volkswagen — questa ottiene 0.84, a dimostrazione che il sistema riesce a trattare correttamente anche acronimi tecnici di piattaforma privi di un referente lessicale immediato. La classificazione di "A0" isolato come Commercial item (0.67) suggerisce, inoltre, che Comprehend sia in grado di mantenere una coerenza interpretativa anche quando un'entità compare in forma abbreviata rispetto alle occorrenze precedenti.

▼ Analyzed text

Capitolo 2: La Fase Operativa: Sollevamento e Sostituzione sul Telaio **MQB A0**

Questa sezione affronta la procedura di sollevamento specifica per la piattaforma **MQB A0** della Polo Serie 8, caratterizzata da punti di sollevamento in metallo ben definiti ma spesso nascosti o protetti da rivestimenti plastici.

2.1 Identificazione e Interfaccia del Punto di Sollevamento **MQB A0**

La corretta identificazione dei punti di sollevamento su un telaio moderno è la differenza tra un cambio gomma riuscito e un grave danno alla carrozzeria.

Punti Rinforzati del Sottoporta (Minigonna): Sulla Polo **AW**, i punti di sollevamento designati sono sezioni rinforzate del telaio lungo il bordo inferiore (sottoporta o minigonna). Questi punti sono tipicamente segnalati da una piccola tacca o un segno triangolare impresso nella plastica o nel metallo del sottoporta, in prossimità del passaruota. Mai posizionare il cric su una parte piana della minigonna, ma solo sul rinforzo metallico.

Disinstallazione Braccio del Cric e Sostituzione VMC: i bracci del cric a caricamento flessibile a V-Mounting (sostituzione con il nuovo 1110 00) deve essere allineato in modo che sia dal bordo, montare la vite del

▼ Results

Q Search

Entity	Type	Confidence
Capitolo 2	Quantity	0.77
MQB	Other	0.42
A0	Commercial item	0.67
MQB A0	Commercial item	0.84
Polo Serie 8	Commercial item	0.88
MQB A0	Commercial item	0.67

Figure 4.5 Quarto esempio di utilizzo di Amazon Comprehend

Nel complesso, i risultati ottenuti evidenziano una solida capacità di Amazon Comprehend di operare su testi tecnici settoriali, indipendentemente dalla struttura documentale adottata. Vale la pena sottolineare, a questo proposito, una differenza sostanziale tra i due gruppi di testi analizzati: le Figure 4.2 e 4.3, relative al manuale Mercedes-Benz, seguono una struttura più testuale e descrittiva mentre, le Figure 4.4 e 4.5, riferite al manuale Volkswagen, adottano una struttura più schematica, con titoli sintetici e contenuti maggiormente orientati alla procedura operativa diretta. Malgrado questa differenza strutturale, il sistema non ha mostrato degradazioni significative nelle performance di estrazione. Ciò ha permesso ad esso di adattarsi implicitamente alle diverse modalità di organizzazione del testo mantenendo livelli di confidenza comparabili tra i due contesti. Dunque Amazon Comprehend non si limita a un riconoscimento superficiale basato sulla posizione delle entità nel testo, ma è in grado di operare in modo sufficientemente robusto anche in presenza di variazioni formali rilevanti e di linguaggio puramente tecnico.

4.2.2 Assistente di bordo "intelligente"

Per comprendere appieno il ruolo dell'Intelligenza Artificiale nell'Automotive, occorre partire da una definizione precisa: un'auto a guida autonoma è un veicolo capace di utilizzare la tecnologia per sostituire il conducente, muovendosi in modo indipendente su strade non preadattate grazie a una combinazione di sensori, telecamere, radar e algoritmi di Intelligenza Artificiale. È su questo fondamento tecnico che si innesta il concetto di "assistente di bordo intelligente", ovvero la progressiva e strutturata cessione di controllo dall'essere umano alla macchina, un processo che non avviene in modo binario ma secondo una scala graduata di autonomia crescente.

A regolare questa transizione è la classificazione elaborata dalla Society of Automotive Engineers (SAE), che individua sei livelli distinti, ciascuno con un diverso grado di intervento umano richiesto:

- *SAE 0* guida interamente manuale, senza alcun sistema di assistenza attiva al conducente.
- *SAE 1* veicolo integra sistemi di ausilio elementari, come il riconoscimento dei cartelli stradali o il segnalatore di superamento di corsia, che cooperano con il conducente senza in alcun modo sostituirlo.
- *SAE 2* sistemi più avanzati, come il cruise control adattivo, consentono una parziale automazione in condizioni ideali; la responsabilità e l'attenzione restano, tuttavia, interamente in capo al conducente, che deve mantenere mani sul volante e sguardo sul traffico.
- *SAE 3* primo livello giuridicamente riconoscibile come "guida autonoma": il veicolo gestisce in autonomia il controllo del traffico e del mezzo in contesti predefiniti (come la guida autostradale) richiedendo l'intervento umano solo su esplicita richiesta del sistema.
- *SAE 4* elevata automazione che, nella grande maggioranza degli scenari quotidiani, prescinde dall'intervento del conducente, pur mantenendo la possibilità tecnica di ripristino manuale.
- *SAE 5* automazione completa, in cui il veicolo gestisce qualsiasi situazione di guida in totale assenza di un conducente, trasportando esclusivamente passeggeri.

Sul piano tecnologico, il funzionamento di questi sistemi richiede la convergenza di tre capacità fondamentali. La prima è la percezione dell'ambiente circostante, garantita dall'integrazione dei dati provenienti da radar, telecamere e sensori che mappano in tempo reale ogni variabile del contesto stradale. La seconda è la localizzazione precisa, affidata a mappe ad altissima definizione in grado di determinare la posizione del veicolo con un'accuratezza dell'ordine dei centimetri. La terza è la capacità decisionale, delegata ad algoritmi di Machine Learning che elaborano gli scenari di traffico e selezionano la risposta ottimale in un tempo di reazione che nessun conducente umano potrebbe eguagliare.

A queste tre componenti si aggiunge una dimensione comunicativa destinata a diventare sempre più centrale: la connettività veicolo-veicolo (V2V) e veicolo-infrastruttura (V2I). Queste tecnologie consentiranno uno scambio continuo di dati per prevenire collisioni, ottimizzare i flussi di mobilità e dialogare in tempo reale con semafori, segnali stradali e persino con il manto stradale

stesso. In questo scenario, il ruolo della connessione 5G sarà determinante, poiché la guida autonoma ad alti livelli richiede una connettività costante, a bassa latenza e ad altissima affidabilità. Il quadro normativo europeo ha iniziato a muoversi in questa direzione: dal settembre 2025, il regolamento UNECE autorizza la circolazione in modalità hands-off su autostrade appositamente abilitate, segnando, di fatto, il passaggio dal livello 2 al livello 3 della scala SAE. L'Italia, tuttavia, non ha ancora recepito nel proprio Codice della Strada le disposizioni necessarie per consentire l'uso commerciale di veicoli di livello 3, limitando la sperimentazione a contesti autorizzati e percorsi definiti. Questo disallineamento normativo tra Paesi membri evidenzia come la diffusione su larga scala delle auto a guida autonoma non dipenda soltanto dal progresso tecnico, ma da un ecosistema più complesso che coinvolge infrastrutture, legislazione e accettazione sociale. È proprio questa complessità a spingere i principali attori del settore verso una visione della mobilità radicalmente diversa da quella tradizionale, in cui l'automobile non è più soltanto un mezzo di trasporto, ma un ambiente connesso e capace di ridefinire il rapporto tra uomo, tecnologia e spazio urbano.

4.2.3 Utopia di un mondo automobilistico automatizzato

I segnali che arrivano dal mercato e dalla ricerca sono chiari e positivi in questo ambito. Grandi aziende industriali e istituzioni europee stanno investendo con convinzione crescente nell'integrazione dell'Intelligenza Artificiale a bordo dei veicoli. L'obiettivo non è più limitato all'assistenza al conducente: si punta a sistemi capaci di anticiparne le esigenze, apprendere dalle sue abitudini e gestire autonomamente porzioni sempre più ampie della guida. Un esempio concreto di questa evoluzione viene dal settore dei veicoli commerciali. Iveco, storico produttore italiano di mezzi pesanti, nel 2025 ha avviato una collaborazione con Amazon Web Services per integrare nei propri veicoli un sistema vocale basato su Machine Learning. Questa tecnologia sarà capace di gestire la pianificazione del percorso, di monitorare lo stato di salute del mezzo e di fornire consigli di guida in tempo reale. Il sistema, sviluppato con il supporto dei servizi professionali di AWS e le funzionalità di Amazon Alexa, consente ai conducenti di controllare i comandi della cabina senza distogliere lo sguardo dalla strada, aumentando sicurezza e comfort. Non si tratta di un esperimento isolato: secondo il responsabile digitale di Iveco, questa tecnologia è destinata a diventare il fondamento dell'intera strategia digitale futura dell'azienda, ridefinendo radicalmente il modo in cui conducenti e veicoli si interfacciano.

Anche il mondo della ricerca europea, nell'ambito del programma Horizon 2020, tramite il progetto SHERPA-CAR, ha sviluppato un assistente personale virtuale per l'automobile basato su algoritmi di Intelligenza Artificiale. Tale assistente, basato su tecnologie di elaborazione del linguaggio naturale, è capace di anticipare le esigenze del conducente senza attendere che questi le espliciti. Il sistema apprende il comportamento specifico di chi guida e fornisce in modo proattivo informazioni attraverso interfacce audio, testuali e visive. La soluzione è progettata per essere installata dai produttori Automotive su una vasta gamma di sistemi di infotainment, con l'ambizione dichiarata di competere direttamente con gli assistenti virtuali dei grandi colossi tecnologici, come Apple, Google e Microsoft. Questi due casi, letti in parallelo, restituiscono una fotografia precisa del momento che stiamo attraversando: grandi aziende industriali e istituzioni di ricerca europee stanno convergendo verso la stessa visione, quella di un veicolo che non attende istruzioni ma le anticipa, che non si limita a trasportare ma interagisce, apprende, consiglia.

È in questo contesto che il concetto di guida autonoma smette di essere una promessa futuristica e comincia a delinearsi come un'architettura progressiva, in cui ogni strato aggiunto di Intelligenza Artificiale avvicina il sistema a quella soglia oltre la quale determinati tragitti (quelli autostradali, quelli pendolari, quelli logistici su percorsi definiti) potrebbero essere completamente affidati alla macchina. La domanda non è più se questo scenario si realizzerà, ma con quale velocità le infrastrutture, le normative e la società nel suo complesso saranno in grado di accompagnarlo.

Utilizzo di Amazon SageMaker per l'analisi di dataset sul settore automobilistico

Il quinto capitolo si propone di analizzare l'utilizzo di Amazon SageMaker, con particolare attenzione alla sezione Data Wrangler, applicandolo al contesto del mondo Automotive. Il capitolo si concentrerà sull'analisi di più dataset dal mondo automobilistico, con l'obiettivo di mostrare come la data analysis possa evidenziare in modo semplice, chiaro e diretto i punti di forza e le criticità di determinati veicoli o aspetti del settore. L'obiettivo è comprendere il valore di Amazon SageMaker come possibile strumento utile per interpretare i dati, individuare tendenze significative e supportare valutazioni più consapevoli all'interno di un ambito dinamico e innovativo come quello Automotive.

5.1 Data Analysis

5.1.1 Che cos'è la Data Analysis

Nel panorama economico e tecnologico contemporaneo, la capacità di trasformare dati grezzi in conoscenza utile rappresenta uno degli asset più strategici a disposizione di un'organizzazione. La proliferazione di dispositivi connessi e piattaforme digitali ha generato un volume di dati senza precedenti, rendendo sempre più urgente la necessità di strumenti e metodologie in grado di governarne la complessità. È in questo contesto che la data analysis si afferma come un approccio sistematico alla comprensione della realtà attraverso i dati. La data analysis è il processo attraverso cui masse di informazioni vengono ispezionate, trasformate e modellate allo scopo di ricavare conclusioni fondate e orientare i processi decisionali. Si tratta di una scienza intrinsecamente interdisciplinare, che integra elementi di statistica e informatica per produrre conoscenza a partire da dati spesso eterogenei per natura e provenienza. Il suo obiettivo non è meramente descrittivo: l'analisi mira a identificare tendenze, relazioni nascoste e pattern ricorrenti che possono guidare decisioni strategiche e ottimizzare processi operativi.

Le radici di questa disciplina affondano, tuttavia, in un passato ben più lontano di quanto la sua connotazione tecnologica potrebbe suggerire. Forme embrionali di analisi sistematica dei dati

sono rintracciabili già nell'antichità, nei censimenti delle civiltà egizie. È, però, con la nascita della statistica moderna, tra il XVII e il XVIII secolo, che l'analisi dei dati acquisisce un fondamento teorico rigoroso: studiosi come John Graunt, che nel 1662 pubblicò le prime analisi sistematiche dei registri di mortalità londinesi, posero le basi metodologiche su cui la disciplina avrebbe edificato le

§5.1 Data Analysis

proprie strutture più avanzate. Il salto qualitativo decisivo avviene nel corso del Novecento, con la diffusione dei calcolatori elettronici, che rimuovono il vincolo della capacità di calcolo umana e rendono possibile l'elaborazione di moli di dati impensabili per qualsiasi analista individuale. La successiva diffusione dei database relazionali e dei software statistici estende ulteriormente la pratica verso il mondo delle organizzazioni, fino all'esplosione digitale degli anni Novanta, che trasforma la data analysis da competenza specialistica a elemento strategico trasversale.

Un aspetto fondamentale della disciplina, nella sua configurazione attuale, è la sua natura ciclica. L'analisi non si esaurisce in un'unica operazione sequenziale, ma si struttura come un processo continuo di raccolta, raffinamento e aggiornamento delle interpretazioni, adattandosi alle nuove informazioni. Questa caratteristica rende la data analysis particolarmente adatta a contesti in rapida evoluzione, dove la capacità di rispondere prontamente ai cambiamenti costituisce un vantaggio competitivo sostanziale. È importante precisare che questa disciplina non si riduce all'applicazione meccanica di algoritmi o formule matematiche. Questa chiede una comprensione profonda del contesto in cui i dati vengono prodotti e utilizzati, la capacità di formulare le domande giuste e l'abilità di comunicare i risultati in modo comprensibile anche a interlocutori privi di formazione tecnica. L'evoluzione delle tecnologie di Intelligenza Artificiale e Machine Learning sta ampliando ulteriormente il perimetro applicativo della disciplina, pur lasciando al giudizio umano un ruolo insostituibile nell'orientare le analisi verso obiettivi concretamente rilevanti per l'organizzazione.

5.1.2 Possibili applicazioni del Data Analysis

Per comprendere concretamente il funzionamento della data analysis, è utile osservarne le applicazioni in contesti reali, dove il passaggio dai dati grezzi alla conoscenza ha prodotto effetti misurabili e, in alcuni casi, storicamente rilevanti. Uno degli esempi più evidenti dell'utilizzo della data analysis proviene dal campo ambientale.

La Curva di Keeling, illustrata nella Figura 5.1, avviata nel 1958 da Charles David Keeling, ha tracciato nel tempo la concentrazione di anidride carbonica nell'atmosfera terrestre, rendendo immediatamente evidente l'aumento costante di CO₂ nell'aria. Ciò ha contribuito ad aumentare la consapevolezza pubblica sul cambiamento climatico, influenzando le politiche ambientali a livello globale. Questo caso illustra con precisione uno dei compiti fondamentali della data analysis: rendere visibile e intellegibile ciò che i soli numeri non riescono a comunicare, trasformando una serie di misurazioni scientifiche in un argomento

capace di orientare decisioni politiche su scala internazionale.

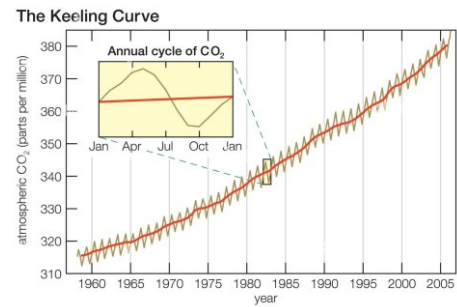


Figure 5.1 Curva di Keeling

In ambito economico, un esempio altrettanto significativo è quello della Curva di Phillips, introdotta dall'economista Alban William Phillips, che mostra la relazione inversa tra disoccupazione e inflazione. Quando la disoccupazione è bassa, la forte domanda di lavoro spinge i salari verso l'alto, aumentando il potere d'acquisto delle famiglie e, di conseguenza, la domanda aggregata di beni e servizi, il che genera pressioni inflazionistiche; viceversa, un'elevata disoccupazione comprime i salari e la domanda, frenando l'inflazione.

Questa relazione, rappresentata nella Figura 5.2, ha avuto un impatto profondo sulla politica economica, influenzando la gestione delle economie nazionali negli anni Sessanta e Settanta. Anche in questo caso, l'analisi di dati storici ha prodotto un modello interpretativo in grado di guidare decisioni ad alto impatto collettivo, dimostrando come la data analysis non si limiti a descrivere il passato, ma ambisca a fornire strumenti predittivi e prescrittivi per il futuro. Questi esempi, pur nella loro diversità, condividono una struttura comune: in ciascuno di essi, i dati raccolti con metodo sistematico vengono elaborati e interpretati per produrre conoscenza che supera la somma delle singole osservazioni.

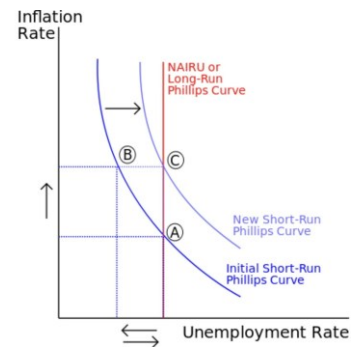


Figure 5.2 Curva di Phillips

È questa capacità di sintesi a definire il contributo specifico della data analysis rispetto ad altre forme di indagine.

5.2 Amazon SageMaker

5.2.1 Come funziona Amazon SageMaker

Nel panorama dei servizi cloud dedicati all'Intelligenza Artificiale, Amazon SageMaker rappresenta uno degli strumenti più completi e diffusi a livello enterprise. Sviluppato da Amazon Web Services, esso si configura come un servizio gestito di Machine Learning il cui obiettivo principale è abbattere le barriere di accesso allo sviluppo di modelli predittivi, rendendo l'intero processo più rapido e meglio governabile. Il suo elemento distintivo rispetto agli approcci tradizionali risiede nella capacità di astrarre la complessità infrastrutturale: anziché richiedere la configurazione e la manutenzione di ambienti di calcolo dedicati, SageMaker mette a disposizione un insieme integrato di strumenti che coprono ogni fase del processo, dalla preparazione dei dati al monitoraggio del modello in produzione. Il funzionamento della piattaforma si articola attorno a tre macro-fasi distinte e modulari.

- *Fase 1:* è la fase di costruzione, in cui i data scientist possono operare attraverso SageMaker Studio, un ambiente di sviluppo integrato accessibile via browser. Questa fase consente di esplorare i dati, formulare ipotesi e scrivere il codice necessario all'addestramento del modello.
- *Fase 2:* è la fase di addestramento; all'avvio di un job di training, SageMaker provvede autonomamente ad allocare le risorse computazionali necessarie, che possono includere istanze GPU di elevata potenza o caricare i dati da Amazon S3, con un modello di pricing che prevede il pagamento esclusivamente per il tempo effettivo di utilizzo.
- *Fase 3:* è quella di deployment, in cui il modello addestrato viene esposto tramite un endpoint HTTP sicuro, rendendo le predizioni disponibili in tempo reale alle applicazioni che ne fanno richiesta.

Un aspetto rilevante dell'architettura di SageMaker è la sua modularità: le tre fasi possono essere utilizzate in modo indipendente l'una dall'altra, consentendo alle organizzazioni di integrare la piattaforma con workflow preesistenti senza dover migrare l'intero stack tecnologico. A questo si aggiunge una pluralità di modalità di distribuzione del modello tramite inferenza, ossia la fase in

cui un modello già addestrato raccoglie nuovi dati per produrre una previsione, classificazione o risposta. Questa può essere di diverse tipologie— in tempo reale, asincrona, serverless o batch — che permettono di adattare il deployment alle caratteristiche specifiche del caso d’uso, come mostrato nella Tabella 5.1.

Opzione	Ideale per	Come funziona	Prezzo
Inferenza in tempo reale	App a bassa latenza e ad alto traffico (es. raccomandazioni ecommerce).	Server persistenti, sempre in esecuzione e pronti a rispondere immediatamente.	Tariffa oraria per istanza.
Inferenza serverless	Traffico intermittente o imprevedibile (es. un chatbot usato occasionalmente).	Scala automaticamente la capacità di calcolo per gestire le richieste e scende a zero quando è inattivo.	Pagamento per richiesta di inferenza (durata + memoria).
Inferenza asincrona	Payload di grandi dimensioni (immagini/video) o tempi di elaborazione lunghi (minuti).	Accoda le richieste. Il client riceve un ID lavoro e controlla più tardi i risultati.	Tariffa oraria per istanza, con scalabilità automatica anche fino a zero.
Trasformazione batch	Elaborazione di dataset massivi in un’unica volta (es. scoring antifrode notturno).	Avvia un cluster, elabora tutti i file in S3, salva i risultati su S3 e si arresta.	Tariffa oraria per istanza, solo mentre è in esecuzione.

Table 5.1 Modalità di inferenza in Amazon SageMaker

Sul piano delle funzionalità avanzate, SageMaker include strumenti per la gestione e l’etichettatura dei dati di addestramento, per l’automazione delle pipeline di Machine Learning e per il monitoraggio continuo dei modelli in produzione. Quest’ultimo aspetto è particolarmente rilevante: i modelli tendono a degradare nel tempo al variare della distribuzione dei dati reali rispetto a quelli di addestramento, un fenomeno noto come concept drift, che SageMaker è in grado di rilevare e segnalare automaticamente. Complessivamente, la piattaforma si configura come un ecosistema completo che riduce significativamente i tempi di sviluppo e i costi operativi legati al Machine Learning su scala aziendale.

5.2.2 Esplorazione delle funzionalità di Amazon SageMaker

Amazon SageMaker si distingue nel panorama dei servizi cloud non tanto per una singola capacità, quanto per l’ampiezza e la coerenza dell’ecosistema che mette a disposizione. Le sue funzionalità coprono, come già anticipato, l’intero ciclo di vita di un progetto di Machine Learning, dalla

preparazione dei dati alla messa in produzione del modello, con un livello di integrazione che riduce significativamente la necessità di ricorrere a strumenti esterni. Un elemento centrale dell'offerta è SageMaker Studio, l'ambiente di sviluppo integrato della piattaforma.

Accessibile interamente via browser, AWS SageMaker Studio centralizza in un'unica interfaccia tutte le operazioni tipiche del workflow di data science: esplorazione dei dati, scrittura del codice e gestione dei modelli (Figura 5.3).

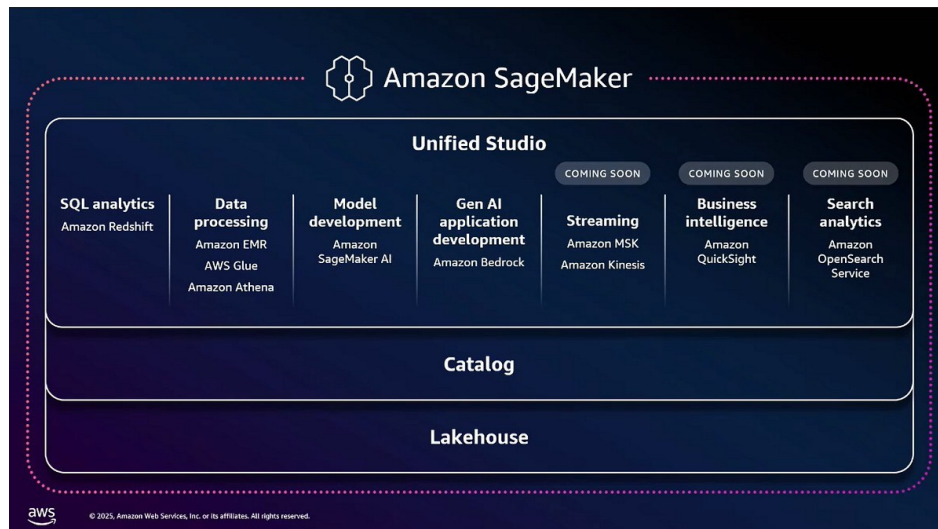


Figure 5.3 Funzioni di Amazon SageMaker Studio

Sul fronte dell'addestramento SageMaker Pipelines consente di automatizzare l'intero flusso di lavoro, dalla preparazione dei dati alla registrazione del modello finale. Questo è particolarmente rilevante in contesti produttivi, dove la capacità di riaddestrare automaticamente un modello al sopraggiungere di nuovi dati rappresenta un requisito operativo fondamentale piuttosto che un'ottimizzazione accessoria. Per chi necessita di lavorare con modelli pre-addestrati, SageMaker JumpStart offre un catalogo di modelli open source già pronti all'utilizzo. Questa funzionalità abbassa sensibilmente la barriera d'ingresso per organizzazioni che vogliono sperimentare soluzioni basate su modelli fondazionali senza disporre delle risorse computazionali necessarie al loro addestramento completo.

Un'altra componente rilevante è Model Monitor, il servizio dedicato al monitoraggio continuo dei modelli in produzione. I modelli di Machine Learning tendono a degradare nel tempo man mano che la distribuzione dei dati reali si discosta da quella su cui sono stati addestrati. Model Monitor rileva automaticamente queste anomalie e genera alert, consentendo ai team di intervenire tempestivamente prima che il deterioramento delle prestazioni si ripercuota sulle applicazioni a valle. Nel loro insieme, queste funzionalità configurano SageMaker come una piattaforma pensata non solo per la sperimentazione, ma anche per la gestione strutturata del Machine Learning su scala aziendale.

5.2.3 Amazon SageMaker Data Wrangler

Nel contesto d'interesse per la presente tesi, la funzionalità di Amazon SageMaker denominata Data Wrangler è stata individuata come lo strumento più adatto per condurre le attività di data analysis su dataset di riferimento. La sua natura visuale e strutturata, unita alla capacità di guidare l'utente attraverso le fasi di preparazione dei dati in modo sequenziale, lo rende particolarmente idoneo a svolgere analisi ordinate su dataset complessi. All'interno dell'ecosistema SageMaker, Data Wrangler occupa, infatti, una posizione specifica e ben definita: è il componente dedicato alla preparazione dei dati, ovvero a quella fase del workflow di Machine Learning che è indispensabile per garantire la qualità dei modelli che ne derivano. La sua funzione principale è quella di ridurre drasticamente il tempo necessario a rendere i dati pronti per l'addestramento. Esso permette la realizzazione di un processo di riordinamento, analisi e graficazione dei dati che normalmente richiederebbe settimane per essere svolto manualmente.

Il punto di forza di Data Wrangler risiede nella sua accessibilità. Attraverso un'interfaccia visuale e il supporto al linguaggio naturale, lo strumento consente di selezionare, importare e trasformare dati con SQL e oltre 300 trasformazioni predefinite. Sul fronte dell'acquisizione dei dati, Data Wrangler consente di accedere rapidamente a dati tabulari, testuali e di tipo immagine provenienti da servizi Amazon come S3, Athena e Redshift, oltre che da oltre cinquanta dataset di terze parti. Una volta importati, i dati possono essere analizzati attraverso report automatici di qualità che identificano problemi comuni come valori mancanti, righe duplicate e sbilanciamenti tra classi, fornendo raccomandazioni operative per correggerli prima che compromettano le fasi successive della pipeline. Un ulteriore elemento di valore è la capacità di stimare in anticipo la potenza predittiva dei dati disponibili. Tramite la funzionalità Quick Model, Data Wrangler fornisce una stima dell'accuratezza del modello, dell'importanza delle feature e di una matrice di confusione, consentendo di validare la qualità dei dati prima di avviare l'addestramento vero e proprio. Questo permette di individuare precocemente eventuali criticità, evitando di investire risorse computazionali su dataset che non supporterebbero comunque risultati soddisfacenti.

5.3 Amazon SageMaker Data Wrangler nel contesto Automotive

La parte sperimentale di questa terza e ultima parte dei "Casi d'uso" si è sviluppata attorno all'analisi di una serie di dataset provenienti dal settore automobilistico, scelti come dominio di riferimento per proseguire questo studio sull'utilizzo di tool di Intelligenza Artificiale per estrazione di conoscenza in ambito Automotive. In questo capitolo l'obiettivo era verificare concretamente come Amazon SageMaker Data Wrangler reagisce all'applicazione di dati reali, osservandone le capacità nelle diverse fasi del processo, dall'ispezione dei dataset alla trasformazione delle variabili in dati ordinati.

L'analisi è stata strutturata in due momenti distinti. Il primo, affrontato nel paragrafo 5.3.1, riguarda dataset reali di natura tecnica, ovvero dati che descrivono le caratteristiche meccaniche e prestazionali dei veicoli. Il paragrafo 5.3.2 sposta invece il focus su dati di natura commerciale provenienti sempre da dataset reali. Questa distinzione permette di valutare la piattaforma su tipologie di dati strutturalmente diverse, con esigenze analitiche differenti, offrendo una visione più completa delle sue effettive capacità.

5.3.1 Casi d'uso tecnico

Il primo dataset analizzato (`car_performance_dataset`), come mostrato nella Figura 5.4, rappresenta un punto di partenza ideale per esplorare le capacità di Data Wrangler in ambito tecnico. Si tratta di un dataset che mira a fotografare le caratteristiche prestazionali di un parco veicoli eterogeneo. Il dataset è composto da 500 veicoli analizzati con 23 parametri estratti per ciascuno. Le variabili presenti coprono sei marchi principali: Ford, BMW, Mercedes, Tesla, Toyota e Hyundai.

Data Wrangler: Data flow > New data flow 2025-12-13 6:09:44 PM.flow > car_performance_dataset.csv

Step 2. Data types

Car_Brand (string)	Model (string)	Engine_Type (string)	Fuel_Efficiency (long)	Safety_Rating (long)	Price (long)	Driving_Condition (string)	Temperature
Ford	Mustang	Diesel	35	5	74337	Urban	6
BMW	3 Series	Diesel	26	4	66096	Off-Road	27
Ford	Mustang	Diesel	15	5	79050	Heavy Traffic	12
BMW	X5	Electric	21	5	29782	Highway	10
Mercedes	GLE	Diesel	29	4	73006	Heavy Traffic	1
Tesla	Model 3	Electric	17	5	36940	Highway	2
Toyota	Camry	Petrol	32	5	70383	Urban	2
Tesla	Model S	Petrol	39	4	70971	Highway	12
Ford	Mustang	Petrol	16	4	21141	Heavy Traffic	12
Tesla	Model S	Diesel	33	4	34892	Heavy Traffic	18
Mercedes	GLE	Diesel	37	4	52894	Urban	29
Mercedes	GLE	Petrol	37	4	24758	Heavy Traffic	17
Tesla	Model S	Electric	23	4	38771	Off-Road	21
Mercedes	GLE	Diesel	20	4	62481	Urban	0
Mercedes	GLE	Diesel	33	4	57016	Heavy Traffic	28

Figure 5.4 Tabella con i dati del primo dataset

L'analisi condotta da Data Wrangler ha utilizzato come variabile target il tipo di motore, configurando il problema come classificazione. Un risultato particolarmente interessante viene illustrato nella Figura 5.5, la quale riassume un'analisi sulla variabile Engine_Performance. Osservando le curve di distribuzione della potenza è possibile distinguere con discreta affidabilità la tipologia di alimentazione del motore e le rispettive caratteristiche: i veicoli elettrici tendono a concentrarsi in specifici intervalli di erogazione che differiscono strutturalmente da quelli dei motori termici. Per un team di sviluppo, questa tipologia di informazione può tradursi in un vantaggio concreto: identificare i range prestazionali ottimali per ciascuna tecnologia consente di calibrare con maggiore precisione i parametri di progettazione fin dalle fasi iniziali.

Engine_Performance - numeric

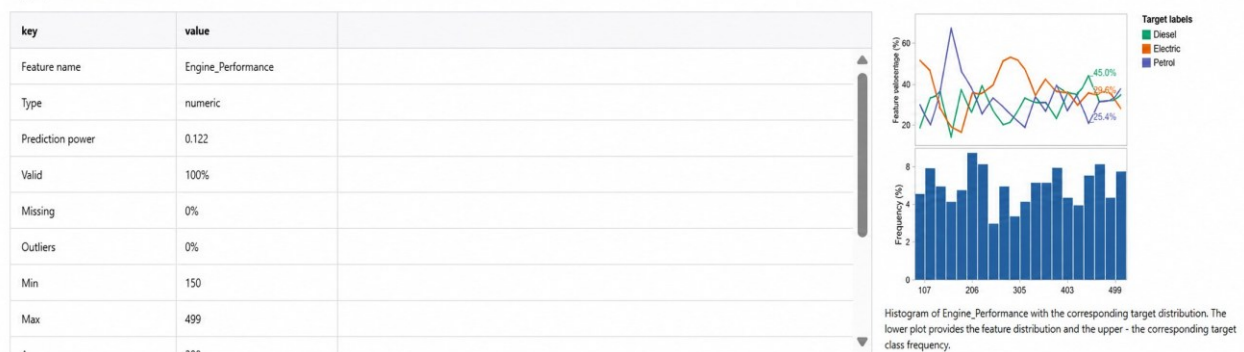


Figure 5.5 Analisi delle performance dei motori dei vari veicoli

L'analisi degli istogrammi (Figura 5.6) è suddivisa per brand automobilistici e contabilizza i veicoli in base alla tipologia di motore. Ad esempio, è facilmente osservabile come Toyota mostri

una ripartizione uniforme tra le tre motorizzazioni portando un ventaglio di veicoli ben bilanciato tra di esse.

Hyundai, invece, presenta una quota di motorizzazioni elettriche comparabile a quella di BMW, più proiettata al futuro. Questo suggerisce una transizione tecnologica in atto anche nei brand tradizionalmente associati alla propulsione termica al fine di tentare di rimanere al passo con la motorizzazione ecosostenibile. Per un costruttore, rilevare questo tipo di convergenza su dataset reali di produzione significherebbe disporre di un segnale anticipatore utile a riorientare le priorità di sviluppo prima che il cambiamento si consolidi pienamente nel mercato.

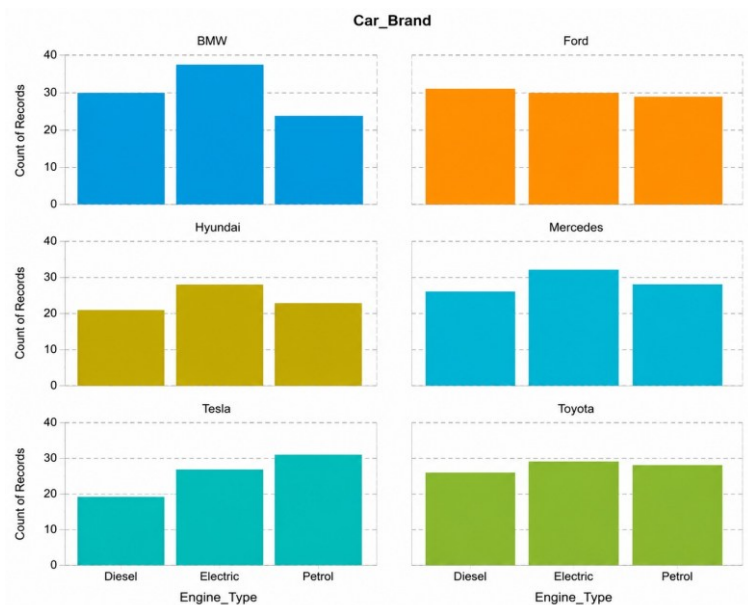


Figure 5.6 Istogramma per lo studio dei vari brand

Il secondo dataset analizzato, `electric_vehicles_spec_2025`, viene mostrato nella Figura 5.7 e si concentra esclusivamente su veicoli a propulsione elettrica. A differenza del dataset precedente, che offriva una panoramica trasversale su più tecnologie, questo si focalizza su un segmento specifico, permettendo un confronto più preciso tra modelli che condividono la stessa tipologia di propulsore. Le variabili presenti descrivono le specifiche tecniche di ciascun modello: dalla velocità massima alla capacità della batteria in kWh, dall'autonomia in km fino all'efficienza energetica in Wh/km.

Data Wrangler: Data flow > New data flow 2b25-12-15 4o8b39 PM.flow > electric_vehicles_spec_2025.csv

Step 2: Data types: Data flow

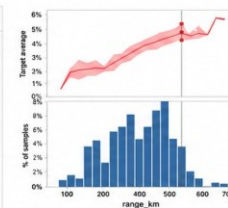
brand (string)	model (string)	top_speed_kmh (long)	battery_capacity_kWh (float)	battery_type (string)	number_of_seats (long)	torque_nm (long)	efficiency_wh_per_km (long)	range_km (long)	acceleration_0_100_s (float)
Abarth	500e Cabrioletto	155	37.7	Lithium-ion	4	155	156	265	7
Abarth	500e Hatchback	155	37.7	Lithium-ion	4	155	156	265	7
Abarth	500e Scorpionissima	155	37.7	Lithium-ion	4	155	156	265	6.4
Abarth	500e Turismo	155	37.7	Lithium-ion	4	155	156	265	6.2
Acura	ZDX	205	63.8	Lithium-ion	5	440	148	251	7.5
Aegee	U9	82	60	Lithium-ion	2	1,050	148	531	7
Alfa	Romeo Junior Elettrica 54 kWh	192	54.0	Lithium-ion	5	154	168	251	9
Alfa	Romeo Junior Elettrica 54 kWh Veloce	200	54.0	Lithium-ion	5	162	168	251	9
Alpine	A290 Electric 180 hp	160	52	Lithium-ion	5	162	168	241	7.4
Alpine	A290 Electric 220 hp	175	52	Lithium-ion	5	162	168	265	6.4
Audi	A4 Avant e-tron	210	75.8	Lithium-ion	5	220	161	485	6
Audi	A4 Avant e-tron performance	240	94.9	Lithium-ion	5	280	157	575	6.4
Audi	A6 Avant e-tron quattro	210	75.8	Lithium-ion	5	545	157	585	4.5
Audi	A6 Sportback e-tron	210	94.9	Lithium-ion	5	545	157	491	9
Audi	A6 Sportback e-tron performance	240	94.9	Lithium-ion	5	545	157	672	3.4
Audi	Q4 Sportback e-tron 40	160	82	Lithium-ion	5	162	162	302	8.1
Audi	Q4 Sportback e-tron 45	180	77	Lithium-ion	5	228	163	368	6.1
Audi	Q4 Sportback e-tron 45 quattro	180	77	Lithium-ion	5	228	163	405	6.2
Audi	Q4 Sportback e-tron 55 quattro	180	77	Lithium-ion	5	228	163	405	6.4
Audi	Q4 e-tron 40	160	59	Lithium-ion	5	204	169	302	8.5
Audi	Q4 e-tron 45	180	77	Lithium-ion	5	210	169	432	6.7
Audi	Q4 e-tron 45	180	77	Lithium-ion	5	210	169	388	6.7
Audi	Q4 e-tron 45 quattro	180	77	Lithium-ion	5	210	171	388	6.9

Figure 5.7 Tabella con i dati del secondo dataset

Tra i risultati prodotti da Data Wrangler, la variabile `range_km` ha mostrato un potere predittivo di 0,0933, confermandosi come uno degli indicatori più significativi per differenziare i modelli elettrici tra loro. L'istogramma nella Figura 5.8 rivela una distribuzione che si addensa nella fascia compresa tra i 300 e i 500 km di autonomia, con una coda destra che si estende fino a 685 km. Questo pattern suggerisce che, pur essendo l'autonomia migliorata sensibilmente negli ultimi anni, esiste ancora una concentrazione significativa di modelli al di sotto della soglia dei 500 km, che rappresenta un punto di riferimento psicologico importante per l'adozione di massa. Per i team di sviluppo, identificare con precisione questa soglia tramite l'analisi dei dati consente di orientare gli investimenti in ricerca sulla densità energetica delle celle con obiettivi concreti e misurabili.

range_km - numeric

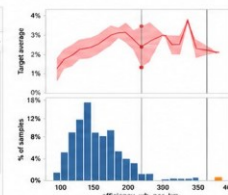
key	value
Feature name	range_km
Type	numeric
Prediction power	0.6983
Valid	100%
Missing	0%
Outliers	0%
Min	123
Max	685
Mean	313



Histogram of range_km with the corresponding target distribution. The lower plot provides the feature distribution and the upper - the corresponding target average with a confidence band of one standard deviation.

efficiency_wh_per_km - numeric

key	value
Feature name	efficiency_wh_per_km
Type	numeric
Prediction power	0.6646
Valid	100%
Missing	0%
Outliers	0.817%
Min	108
Max	370
Mean	163



Histogram of efficiency_wh_per_km with the corresponding target distribution. The lower plot provides the feature distribution and the upper - the corresponding target average with a confidence band of one standard deviation. The red bars contain outliers and the value below them is the outliers average.

Figure 5.8 Analisi sul range di autonomia del veicolo

La variabile `efficiency_wh_per_km` ha evidenziato la presenza di alcuni outlier rispetto alla media di 163 Wh/km. Un altro risultato interessante è stato visibile nello scatter plot della Figura 5.9, il quale viene illustrato nella pagina seguente. Questo è formato tra efficienza (asse x) e accelerazione (asse y) e fa emergere una tendenza chiara: i modelli con tempi di accelerazione più bassi si concentrano nella fascia tra 150 e 220 Wh/km, mentre i veicoli più efficienti presentano prestazioni dinamiche più contenute.

Questa relazione inversa tra sportività ed efficienza rappresenta un vincolo di progettazione reale, che i dati rendono quantificabile. Conoscerne i confini consente di definire in modo più razionale il punto di equilibrio tra autonomia e prestazione fin dalle prime fasi di progettazione.

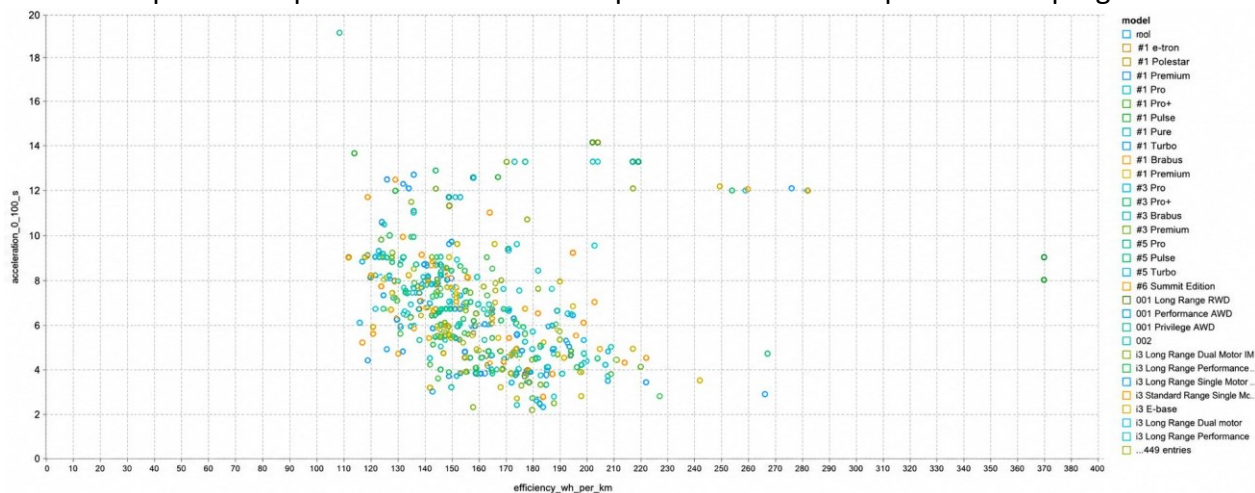


Figure 5.9 Scatter Plot relativo ad accelerazione ed efficienza

Il terzo dataset, illustrato nella Figura 5.10, raccoglie i tempi sul giro registrati al Nürburgring Nordschleife, il circuito tedesco universalmente riconosciuto come banco di prova per le prestazioni estreme dei veicoli stradali e da competizione. I dati includono la posizione in classifica, l'anno del record, il costruttore, il modello e il tempo sul giro espresso in formato `datetime`. Si tratta di un dataset strutturalmente diverso dai precedenti: esso non descrive caratteristiche tecniche statiche di un veicolo, ma cattura il risultato di una prestazione dinamica in condizioni reali e standardizzate. Questo lo rende particolarmente interessante dal punto di vista analitico, poiché il tempo sul giro rappresenta una sintesi oggettiva di tutte le variabili che concorrono alle prestazioni di un veicolo.

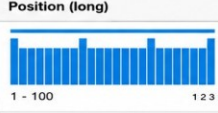
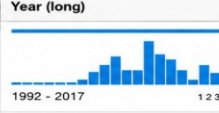
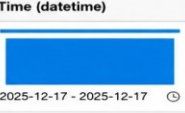
Position (long)	Year (long)	Make (string)	Model (string)	Time (datetime)
				
1	2009	Radical	SR8 LM	2025-12-17 06:48:00
2	2005	Radical	SR8	2025-12-17 06:56:00
3	2013	Porsche	918 Spyder	2025-12-17 06:57:00
4	2015	Lamborghini	Aventador LP 750-4 Superveloce	2025-12-17 06:59:42
5	2015	Nissan	GT-R Nismo	2025-12-17 07:00:42
6	2009	Gumpert	Apollo Speed	2025-12-17 07:11:36
7	2010	Dodge	Viper SRT-10 ACR	2025-12-17 07:12:06
8	2012	Lexus	LFA Nürburgring Package	2025-12-17 07:14:36
9	2005	Donkervoort	D8 R5	2025-12-17 07:15:54
10	2010	Porsche	911 GT2 RS	2025-12-17 07:18:00
11	2003	Radical	SR3 Turbo	2025-12-17 07:19:00
12	2013	Nissan	GT-R	2025-12-17 07:19:06
13	2012	Chevrolet	Corvette ZR1	2025-12-17 07:19:36
14	2015	Ferrari	488 GTB	2025-12-17 07:21:36
15	2009	Dodge	Viper ACR	2025-12-17 07:22:06
16	2011	Chevrolet	Corvette Z06	2025-12-17 07:22:42
17	2007	Gumpert	Apollo Sport	2025-12-17 07:24:00
18	2011	Nissan	GT-R	2025-12-17 07:24:12
19	2004	Maserati	MC12	2025-12-17 07:24:18
20	2005	Pagani	Zonda F Clubsport	2025-12-17 07:24:24
21	2011	Lamborghini	Aventador LP700-4	2025-12-17 07:25:00
22	2002	Ferrari	Enzo	2025-12-17 07:25:12
23	2012	KTM	X-Bow R	2025-12-17 07:25:42
24	2011	Mercedes	SLS AMG Black Series	2025-12-17 07:26:24

Figure 5.10 Tabella con i dati del terzo dataset

L'analisi dell'istogramma relativo alla variabile Year (Figura 5.11) mostra una concentrazione dei record nella fascia tra il 2005 e il 2015, con picchi intorno al 2009 e al 2013. Dal punto di vista tecnico, questo addensamento suggerisce che i miglioramenti prestazionali non seguono una curva lineare nel tempo, ma si manifestano per salti discontinui legati all'introduzione di tecnologie specifiche. I picchi osservati coincidono con l'adozione diffusa di sistemi di vettorializzazione della coppia, di telai in fibra di carbonio su vetture stradali e di pacchetti aerodinamici attivi. Per un team di sviluppo, riconoscere questi pattern nei dati storici significa poter anticipare in quale fase del ciclo tecnologico ci si trova e dove concentrare gli sforzi di ricerca per produrre il prossimo salto prestazionale misurabile.

Year - numeric

key	value
Feature name	Year
Type	numeric
Prediction power	N/A - Target column needed
Valid	100%
Missing	0%
Outliers	0%
Min	1.99e+03

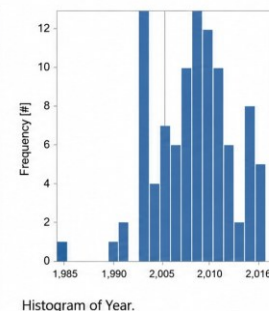


Figure 5.11 Analisi dell'anno di produzione dei veicoli

La distribuzione per costruttore nella Figura 5.12 racconta, invece, la storia del Motorsport. La presenza dominante di Porsche, Lamborghini e Ferrari non riflette semplicemente una superiorità sportiva contingente.

Essa testimonia anche il ruolo che questi marchi hanno avuto nel ridefinire i confini di ciò che un'automobile stradale può fare.

Porsche, in particolare, con il 22% delle presenze in classifica, ha trasformato il Nürburgring in un laboratorio a cielo aperto, utilizzando ogni record come validazione pubblica di scelte ingegneristiche precise: dalla gestione elettronica della trazione alla progettazione di powertrain ibridi ad alte prestazioni. Lamborghini e Ferrari, su traiettorie diverse, hanno contribuito a spostare il confine tra vettura stradale e prototipo da corsa, rendendo tecnologie un tempo riservate alla Formula 1 accessibili su vetture omologate per l'uso quotidiano.

Analizzare la distribuzione di questi costruttori nel tempo permette quindi di ricostruire la traiettoria dell'innovazione automobilistica ad alte prestazioni e di identificare quali scelte tecniche abbiano effettivamente segnato punti di discontinuità nella storia del settore.

Word	Frequency
porsche	22%
lamborghini	10%
ferrari	8%
chevrolet	6%
mercedes	6%
bmw	5%
nissan	5%
radical	4%
pagani	3%
jaguar	2%
romeo	2%
mclaren	2%
koenigsegg	2%

Figure 5.12 Tabella per lo studio dei vari brand

5.3.2 Casi d'uso commerciale

Il quarto dataset analizzato (Figura 5.13), nonché il primo dataset nel contesto commerciale, raccoglie dati di vendita e produzione relativi ai modelli Tesla, distribuiti nel periodo compreso tra il 2015 e il 2025. Le variabili presenti includono diversi parametri come le consegne stimate, le unità prodotte, il prezzo medio in dollari, la capacità della batteria in kWh e l'autonomia in km. Rispetto ai dataset tecnici esaminati in precedenza, questo si muove su un piano diverso: non descrive come un veicolo è fatto, ma come viene accolto dal mercato e con quale ritmo viene prodotto. È proprio questa dimensione a renderlo particolarmente utile per supportare decisioni strategiche a livello industriale.

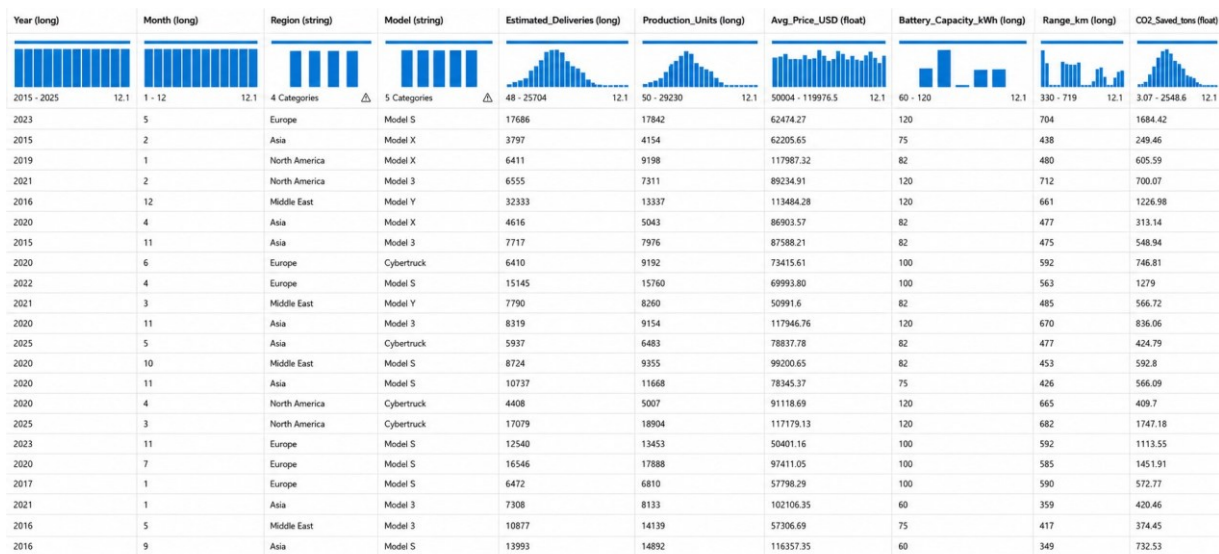


Figure 5.13 Tabella con i dati del quarto dataset

L'istogramma relativo alla variabile `Production_Units`, raffigurato nella Figura 5.14, mostra una distribuzione a campana con il picco concentrato nella fascia tra le 10000 e le 15000 unità per ciclo produttivo, con valori che scendono progressivamente verso le code. L'assenza di outlier indica una produzione sostanzialmente stabile nel tempo, priva di picchi anomali. Una distribuzione regolare consente di definire con affidabilità i livelli di approvvigionamento delle componenti, ottimizzando le scorte e riducendo i costi legati alla sovrapproduzione.

Production_Units - numeric

key	value
Feature name	Production_Units
Type	numeric
Prediction power	N/A - Target column needed
Valid	100%
Missing	0%
Outliers	0%
Min	50

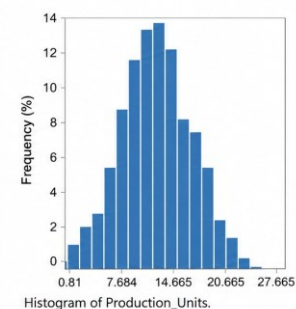


Figure 5.14 Istogramma sulle unità prodotte

L'analisi degli istogrammi per modello, incrociati con la capacità della batteria e le unità prodotte, offre, invece, indicazioni strategiche più puntuali. Come illustrato nella Figura 5.15, Model Y e Model 3 mostrano una concentrazione di produzioni ad alto volume nelle configurazioni con batterie di capacità intermedia, tra gli 80 e i 100 kWh, suggerendo che questa fascia rappresenta il punto di equilibrio ottimale tra costo di produzione e risposta del mercato. Il Cybertruck, al contrario, mostra una distribuzione più orientata verso le configurazioni da 100 e 120 kWh, coerentemente con il suo posizionamento come veicolo ad alte prestazioni e alta autonomia. Per un costruttore, questi pattern indicano chiaramente su quali configurazioni concentrare gli investimenti in sviluppo: potenziare l'efficienza produttiva delle varianti più vendute e, parallelamente, continuare a spingere sulla densità energetica per i modelli premium, dove il cliente è disposto a pagare un premio per prestazioni superiori.

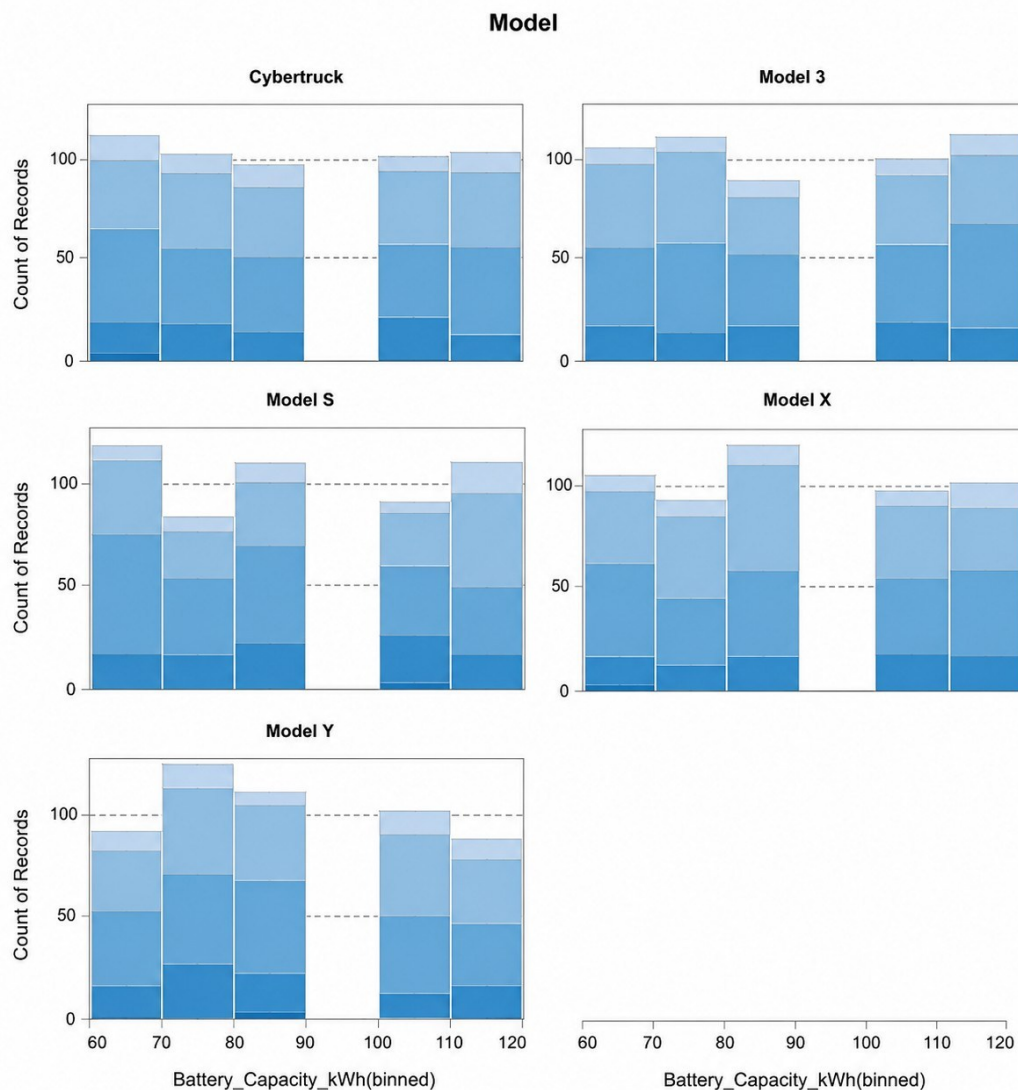


Figure 5.15 Istogramma sulle unità vendute in base alla capacità della batteria

5.3.3 Data Analysis nel mondo Automotive

Il settore Automotive rappresenta oggi uno degli ambiti più fertili per l'applicazione della data analysis, complice la natura intrinsecamente connessa e sensorizzata dei veicoli moderni. Ogni automobile genera continuamente un flusso di informazioni — relative al comportamento del motore, al consumo energetico, all'usura dei componenti, alle condizioni ambientali — che, opportunamente raccolto e analizzato, diventa una risorsa strategica tanto per i costruttori quanto per gli utenti finali. La convergenza tra tecnologia e dati ha trasformato il veicolo da semplice mezzo di trasporto a nodo attivo di una rete informativa complessa, ridefinendo le logiche competitive dell'intera industria. Uno dei contributi più rilevanti della data analysis in questo contesto riguarda la manutenzione predittiva. Attraverso il monitoraggio in tempo reale dei sensori di bordo, è possibile rilevare anomalie nei componenti prima che si traducano in guasti effettivi, consentendo interventi programmati che riducono i fermi macchina e aumentano complessivamente i livelli di sicurezza. Questo approccio sposta il paradigma dalla reazione all'anticipazione, con un impatto diretto sulla qualità dell'esperienza di guida e sulla fiducia del cliente nel brand.

Parallelamente, i dati raccolti durante l'utilizzo del veicolo alimentano sistemi avanzati di assistenza alla guida capaci di identificare situazioni di rischio, di modulare la distanza di sicurezza e di suggerire percorsi alternativi in funzione delle condizioni del traffico. La sicurezza stradale, in questo scenario, non è più affidata esclusivamente al giudizio del conducente, ma si avvale di un supporto analitico continuo che elabora variabili ambientali, comportamentali e infrastrutturali in tempo reale. Ciò permette di elevare l'esperienza di utilizzo e la sicurezza alla guida notevolmente. Il settore Automotive si configura dunque come un laboratorio avanzato in cui la gestione intelligente dei dati è capace di generare valore lungo l'intera catena, che va dalla progettazione del veicolo fino alla relazione quotidiana con il cliente.

5.3.4 Sguardo al futuro: Mondo automobilistico autocomandato

Un veicolo completamente autonomo non è più un'ipotesi speculativa relegata alla letteratura di fantascienza, ma una realtà in progressiva espansione che sta ridefinendo i confini della mobilità urbana. La guida autonoma si basa, come abbiamo visto in precedenza, su un'architettura tecnologica complessa per ricostruire una percezione a 360 gradi dell'ambiente circostante, mentre sistemi di Intelligenza Artificiale elaborano in tempo reale i dati raccolti per gestire ogni aspetto della conduzione. Aziende come Waymo e Tesla rappresentano, oggi, i due poli di un dibattito tecnico aperto a livello tecnologico: la prima privilegia la ridondanza sensoriale per massimizzare i margini di sicurezza, la seconda punta su un approccio basato esclusivamente sulla visione artificiale potenziata da software avanzato. Malgrado le loro divergenze a livello tecnico, è chiaro come tutte e due le aziende siano promotrici di una rivoluzione nel mondo automobilistico.

Sul fronte della mobilità come servizio, segnali concreti di questa transizione arrivano anche dal contesto europeo. Uber ha annunciato l'intenzione di espandere la propria offerta di robotaxi — taxi o shuttle autocomandati, i quali operano in centri urbani, garantendo spostamenti urbani senza la necessità di un autista — a oltre dieci mercati internazionali entro la fine del 2026, con alcune grandi città europee tra i potenziali destinatari, tra cui Milano. Si tratta di un segnale industriale rilevante, che suggerisce come il modello del trasporto senza conducente stia

uscendo dalla fase sperimentale per avvicinarsi a quella della commercializzazione su scala. In Italia, la sperimentazione procede lungo direttrici più circoscritte ma altrettanto significative.

A Torino, nell'ottobre 2025, ha preso avvio il progetto AuToMove nell'ambito del Living Lab ToMove, un'iniziativa finanziata attraverso il Piano Nazionale Complementare al PNRR. Una navetta a guida autonoma percorre un anello di circa tre chilometri nell'area del Campus Luigi Einaudi, con cinque fermate e una capacità di otto passeggeri; essa è operativa nei giorni feriali e accessibile gratuitamente tramite prenotazione via app. Il progetto coinvolge un partenariato pubblico-privato che include GTT, 5T, il Politecnico di Torino, la Fondazione LINKS e la Fondazione Piemonte Innova, a testimonianza di come l'innovazione nella mobilità autonoma richieda oggi una governance multistakeholder capace di integrare competenze tecniche, regolatorie e urbanistiche. Questi sviluppi delineano un futuro in cui la data analysis smette di essere un supporto alla guida umana per diventare essa stessa il soggetto della conduzione.

L'avvento di questo processo sta trasformando profondamente non solo il modo in cui si concepisce uno spostamento, ma l'intera infrastruttura relazionale tra città, mobilità e cittadini. L'evoluzione delle tecnologie, accompagnata dal progresso sviluppato nel mondo automobilistico, sta permettendo ai nuovi ingegneri di riscrivere le regole della mobilità automobilistica, allargando gli orizzonti oltre il limite umano e creando masterpiece della mobilità performante e intelligente.

6.1 Riconoscimento di segnaletica stradale con Amazon Rekognition: considerazioni finali

Negli ultimi anni, l'Intelligenza Artificiale ha smesso di essere un concetto puramente accademico per diventare una tecnologia pervasiva, capace di ridefinire interi settori produttivi e di integrarsi profondamente nella vita quotidiana. Uno dei domini applicativi più dinamici in questo panorama è quello della guida autonoma, nel quale la computer vision — intesa non come semplice acquisizione di immagini, ma come capacità di interpretarle e tradurle in decisioni — si afferma come tecnologia predominante per insegnare a una macchina a vedere la realtà stradale e a ragionare su ciò che osserva. Amazon Rekognition è un servizio di computer vision basato sul cloud, sviluppato da Amazon Web Services, che sfrutta modelli di Deep Learning pre-addestrati per analizzare immagini e video. Il servizio è in grado di identificare molteplici tipologie di elementi restituendo, per ciascun elemento rilevato, un livello di confidenza associato. Grazie alla sua natura "managed", Amazon Rekognition non richiede competenze specifiche in Machine Learning per essere integrato, rendendolo uno strumento accessibile e scalabile per applicazioni reali.

In tale contesto, è risultato particolarmente interessante osservare come Amazon Rekognition abbia dimostrato una capacità di identificazione della segnaletica stradale con risultati complessivamente positivi. Sono emersi, tuttavia, limiti funzionali in presenza di immagini in condizioni meteorologiche avverse (basti pensare alla Figura 3.7) e in scenari ad alta densità di elementi visivi simultanei (ad esempio nella Figura 3.9). Tali limitazioni non rappresentano un freno allo sviluppo; in un settore come quello Automotive, la sicurezza è il principio cardine attorno al quale ruota ogni scelta progettuale, e i limiti rilevati vanno letti come aree di miglioramento su cui concentrare la ricerca futura.

Guardando ai traguardi raggiunti e alle potenzialità ancora inesprese di queste tecnologie, è spontaneo proiettarsi verso uno scenario in cui il mondo Automotive sarà popolato da veicoli capaci di percepire l'ambiente circostante con precisione e reattività superiori a quelle umane. Macchine che non si limitano a essere guidate, ma che vedono, comprendono e agiscono in autonomia, ponendo le basi per una mobilità più sicura ed intelligente.

6.2 Estrazione di terminologia tecnica con Amazon Comprehend:

considerazioni finali

Il concetto di assistente di bordo intelligente rappresenta una delle frontiere più interessanti dell'innovazione Automotive, resa possibile dall'evoluzione tecnologica che ha trasformato il computer di bordo da semplice unità di controllo a sistema cognitivo capace di supportare attivamente il conducente.

Amazon Comprehend è un servizio di Natural Language Processing sviluppato da Amazon Web Services, che sfrutta modelli di Machine Learning per analizzare e comprendere il linguaggio naturale. Il servizio è in grado di estrarre informazioni semantiche da un testo, identificare entità, sentimenti e relazioni concettuali, restituendo un'interpretazione strutturata del contenuto linguistico. Grazie alla sua autonomia e alla sua scalabilità, esso rappresenta uno strumento concreto per costruire sistemi in grado di comprendere e rispondere al linguaggio umano in contesti applicativi reali. È stato interessante analizzare come, combinando le capacità di Amazon Comprehend con l'idea di un assistente di bordo, sia stato possibile ipotizzare un sistema in grado di supportare il conducente in situazioni di necessità — fornendo informazioni contestuali, interpretando comandi in linguaggio naturale e ragionando sulla base delle condizioni operative del veicolo. Tale ragionamento è reso possibile dall'evoluzione complessiva dell'hardware di bordo, sempre più potente e sempre più orientato a ospitare logiche computazionali complesse direttamente sul veicolo.

I limiti riscontrati in questo ambito riflettono quelli tipici dei sistemi di NLP in contesti safetycritical: la necessità di garantire risposte deterministiche, la gestione di input ambigui o incompleti e la dipendenza dalla qualità dei dati di addestramento. Le Figure 4.3 e 4.5, paragonate tra di loro, sono il perfetto esempio di come il tool sia in grado di fornire analisi soddisfacenti pure in situazioni di struttura testuale differenti.

6.3 Analisi di dataset con Amazon SageMaker: considerazioni finali

Nel contesto dell'innovazione Automotive, la capacità di raccogliere, elaborare e interpretare grandi volumi di dati rappresenta un vantaggio competitivo sempre più determinante. In un mercato caratterizzato da una competitività crescente e da cicli di sviluppo sempre più rapidi, la data analysis non è più un'attività accessoria, ma un processo strategico che orienta le decisioni progettuali e commerciali dei produttori. Amazon SageMaker è una piattaforma cloud fully managed sviluppata da Amazon Web Services, progettata per semplificare l'intero ciclo di vita del Machine Learning — dalla preparazione dei dati all'addestramento dei modelli, fino al loro deployment in produzione.

Grazie alla sua architettura modulare e alle integrazioni native con gli altri servizi AWS, SageMaker consente di costruire pipeline di analisi dei dati scalabili ed efficienti, abbattendo la complessità infrastrutturale e permettendo ai team di concentrarsi sulla qualità dei modelli e sull'interpretazione dei risultati. È stato particolarmente interessante osservare come l'introduzione dell'Intelligenza Artificiale nel processo di data analysis non si limiti a velocizzare operazioni tradizionalmente onerose, ma sia in grado di estrarre dai dati correlazioni e pattern difficilmente individuabili con un'analisi condotta manualmente.

A tal fine, sono stati condotti due distinti filoni di analisi, cercando di dimostrare la versatilità che può avere un settore come la data analysis. Nel primo, di natura prettamente tecnica, si è

valutato come il sistema reagisse alla gestione di dataset numerici complessi, verificando la sua capacità di interpretare grandezze e metriche tipiche del dominio Automotive —come negli esempi sui dataset nelle Figure 5.4, 5.7, 5.10 — e di restituirne una lettura coerente e significativa. Nel secondo filone, invece rappresentato nella Figura 5.13, l'analisi si è spostata su un piano più commerciale ed economico, esaminando come il sistema fosse in grado di leggere e interpretare dati di mercato, identificando tendenze, dinamiche di vendita e indicatori competitivi propri del settore Automotive, in un'ottica non più tecnica ma strategica.

Questa capacità di discriminare tra ciò che funziona e ciò che non genera valore si rivela preziosa tanto per ottimizzare un veicolo già esistente, affinandone le caratteristiche sulla base di feedback reali, quanto per orientare le scelte progettuali di nuove piattaforme. In un settore dove ogni decisione di sviluppo comporta investimenti ingenti, disporre di un sistema di analisi guidato dall'AI significa trasformare i dati in un asset strategico, capace di ridurre il rischio decisionale e di allineare l'offerta produttiva alle reali esigenze di un mercato in continua evoluzione.

Conclusioni

Nell'ultimo secolo abbiamo assistito a una rivoluzione riguardante la mobilità di tutti i giorni indotta dal mondo automobilistico. Questa ha permesso di semplificare gli spostamenti odierni che un uomo compie riducendo il tempo impiegato e gli sforzi necessari. Questa rivoluzione, oltre ad avere cambiato completamente il modo nel quale un uomo percepisce uno spostamento, ha anche fatto nascere un settore industriale ed economico come quello delle case produttrici di autoveicoli. Oltre a questo forte cambiamento avvenuto nel mondo della meccanica, il genere umano, negli ultimi 50 anni, è anche stato testimone di una rivoluzione informatica che lo ha riguardato a 360 gradi. Ogni aspetto della vita, dal più banale e pratico al più complesso e teorico, è stato completamente o in parte digitalizzato. Questa rivoluzione informatica, ovviamente, si è trovata a interagire con il settore automobilistico facendo nascere un nuovo settore, denominato Automotive Digitale, che risulta in forte crescita. L'aspetto digitale di un veicolo, con il passare degli anni e l'evolversi delle tecnologie, ha iniziato ad assumere sempre più rilevanza e spazio a livello componentistico. Questo binomio tra ingegneria meccanica e informatica permette di fornire un prodotto più articolato e funzionale, creando anche un ventaglio di prodotti in vendita differente che permette al cliente di poter scegliere tra diversi tipi di prodotto.

La componente digitale del veicolo è stata introdotta sempre di più all'interno della struttura del veicolo stesso poiché permette di semplificare una serie di azioni, misurazioni e funzionalità che precedentemente erano più complesse e difficili da svolgere. Questa rivoluzione ha toccato il punto di odierno massimo sviluppo con l'introduzione dell'Intelligenza Artificiale.

In questo studio l'obiettivo posto era cercare di dimostrare come, tramite l'utilizzo di tool informatici sui quali è integrata Intelligenza Artificiale, è possibile rendere l'utilizzo di un veicolo un'esperienza all'avanguardia sotto il punto di vista tecnologico. Il potere dell'Intelligenza Artificiale e delle nuove strumentazioni ha allargato gli orizzonti del mondo automobilistico, permettendo addirittura di immaginare un mondo automobilistico a guida autonoma. Partendo da questa idea e sfruttando i tool di Amazon Web Services siamo andati a svolgere delle prove che potessero testimoniare come le componenti digitali sono ormai in grado di gestire il mondo automobilistico. Con Amazon Rekognition e Amazon Comprehend siamo andati a dimostrare come dei tool possono conferire al veicolo delle funzionalità extra che possono migliorare la qualità del servizio che questo può offrire.

Nel Capitolo 3, con Amazon Rekognition, ci siamo immaginati un utilizzo orientato alla percezione visiva del veicolo. Il sistema è stato impiegato per dimostrare come un tool di computer vision basato su Intelligenza Artificiale possa essere integrato in un contesto di guida reale, riconoscendo la segnaletica stradale e restituendo al veicolo — o al suo sistema di controllo — informazioni semanticamente rilevanti sull'ambiente circostante. Tale approccio apre concretamente la strada a scenari di guida assistita o autonoma, nei quali il veicolo non si limita a ricevere input dal conducente, ma è in grado di leggere e interpretare autonomamente il contesto stradale. I risultati ottenuti sono stati soddisfacenti garantendo un'attendibilità di risposta relativamente alta.

Con Amazon Comprehend, invece, ci siamo spostati su un piano differente, immaginando l'integrazione del Natural Language Processing all'interno di un assistente di bordo intelligente. L'obiettivo era dimostrare come un sistema in grado di comprendere il linguaggio naturale possa supportare il conducente in situazioni di necessità, traducendo richieste espresse verbalmente in azioni o risposte contestualmente appropriate. Malgrado dei risultati sufficienti è stato mostrato un utilizzo del sistema che valorizza la componente relazionale tra uomo e veicolo, trasformando il computer di bordo da interfaccia passiva a interlocutore attivo.

Con Amazon SageMaker, infine, la prospettiva si è ampliata ulteriormente. In questo caso l'obiettivo non era dimostrare un'applicazione tecnica diretta sul veicolo, ma qualcosa di altrettanto strategico: mostrare come il potere dell'Intelligenza Artificiale applicata all'analisi dei dati possa essere uno strumento determinante nelle fasi a monte della produzione. Attraverso SageMaker è stato possibile esplorare come i dati possano guidare decisioni che spaziano dalla pianificazione strutturale del veicolo, analizzando le performance tecniche delle singole componenti fino agli aspetti più commerciali, come la definizione dei piani di vendita, le strategie di marketing e la distribuzione sul mercato. Tale utilizzo che dimostra come l'AI non sia solo uno strumento per migliorare l'utilizzo di un veicolo, ma un alleato strategico per progettare, posizionarlo e venderlo sul mercato.

Allo stesso modo i risultati dei test condotti hanno evidenziato come tali strumenti, per quanto potenti, presentino ancora dei limiti e dei margini di miglioramento. Le prestazioni dei modelli variano in funzione della qualità dei dati, della chiarezza del linguaggio o delle immagini, della presenzadiambiguità. I servizi, infatti, non offrono sempre risposte impeccabili e corrette: richiedono ancora un monitoraggio e una supervisione umana per superare tali imprecisioni. L'Intelligenza Artificiale deve, pertanto, essere considerata come una tecnologia "aperta", in continua evoluzione, la cui efficacia dipende sia dalla qualità degli algoritmi implementati che dalla capacità umana di progettarne un uso consapevole e responsabile. In quest'ottica, l'AI non va interpretata come una minaccia o un sostituto del lavoro umano, bensì come un'alleata in grado di affiancare le competenze dell'uomo, alleggerendo il carico di attività ripetitive e lasciando spazio a compiti a più alto valore aggiunto. Lo sviluppo e la diffusione di queste tecnologie aprono nuove prospettive occupazionali, richiedendo nuove figure professionali specializzate in campi differenti.

Ciò che emerge da questo studio, nel suo complesso, è un quadro nel quale ingegneria meccanica, informatica e Intelligenza Artificiale non sono più domini separati, ma componenti di un ecosistema integrato e interdipendente. Il progresso del Automotive non può più essere letto attraverso la sola lente della meccanica, così come quello dell'AI non può prescindere dai contesti applicativi reali nei quali trova espressione. È proprio nell'intersezione tra questi due mondi che si genera il valore più alto: veicoli più sicuri, più intelligenti, vicini alle esigenze di chi li guida e di chi li produce. Ogni nuova tecnologia integrata non fa che spostare ulteriormente il limite di ciò che è possibile immaginare, progettare e realizzare, alzando sempre più in alto l'asticella del progresso ingegneristico.

Bibliografia

Li, Y., Shi, H. (a cura di) (2022), *Advanced Driver Assistance Systems and Autonomous Vehicles: From Fundamentals to Applications*, Springer.

Russell, S., Norvig, P. (2021), *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, 4th ed., Pearson.

Maurer, M., Gerdes, J. C., Lenz, B., Winner, H. (a cura di) (2016), *Autonomous Driving: Technical, Legal and Social Aspects*, Springer.

Elango, V., Gangasani, V., Subramanian, S. (2025), *AWS Certified AI Practitioner Study Guide: Foundational (AIF-C01) Exam*, Sybex–Wiley.

Buyya, R., Broberg, J., Goscinski, A. M. (a cura di) (2011), *Cloud Computing: Principles and Paradigms*, John Wiley & Sons.

Szeliski, R. (2022), *Computer Vision: Algorithms and Applications*, 2nd ed., Springer. Goodfellow, I.,

Bengio, Y., Courville, A. (2016), *Deep Learning*, The MIT Press.

Murphy, K. P. (2012), *Machine Learning: A Probabilistic Perspective*, The MIT Press.

Hartley, R., Zisserman, A. (2004), *Multiple View Geometry in Computer Vision*, 2nd ed., Cambridge University Press.

Bishop, C. M. (2006), *Pattern Recognition and Machine Learning*, Springer.

Thrun, S., Burgard, W., Fox, D. (2005), *Probabilistic Robotics*, The MIT Press.

Corke, P. (2017), *Robotics, Vision and Control: Fundamental Algorithms in MATLAB*, 2nd ed., Springer.

Sitografia

- ACI - <https://www.aci.it/mobilita/adas>

- *AI4Business* - <https://www.ai4business.it/intelligenza-artificiale/auto-a-guida-autonoma-cosasono-e-come-funzionano>
- *Amazon Web Services* - <https://docs.aws.amazon.com/it/rekognition/latest/dg/what-is.html>
- *Ansys* - <https://www.ansys.com/it-it/simulation-topics/what-is-advanced-driver-assistancesystem-adass>
- *BBC* - <https://www.bbc.co.uk/teach/articles/zhwp7nb>
- *Cordis* - <https://cordis.europa.eu/article/id/429330-cutting-edge-in-car-ai-assistant-taking-the-driving-experience-to-new-heights/it>
- *Daleconsulting* - <https://www.daleconsulting.it/i-big-data-per-il-settore-Automotive-trasformarelesperienza>
- *Databricks* - <https://www.databricks.com/it/blog/what-is-computer-vision>
- *Datamasters* - <https://datamasters.it/blog/cose-e-come-funziona-lanalisi-dei-dati/>
- *Eurostat* - <https://ec.europa.eu/eurostat>
- *GeeksforGeeks* - <https://www.geeksforgeeks.org/machine-learning/what-is-sagemaker-in-aws>
- *Google Cloud* - <https://cloud.google.com/learn/what-is-artificial-intelligence?hl=it>
- *Google Share* - <https://share.google/iCD9F56OzWCj34Esr>
- *IBM* - <https://www.ibm.com/think/topics/computer-vision>
- *Salvatore Aranzulla* - <https://www.aranzulla.it/come-funziona-il-cloud-1154116.html>
- *SAP* - <https://www.sap.com/italy/resources/what-is-data-analytics>
- *TorinoCityLab* - <https://torinocitylab.it/2025/10/13/a-torino-parte-automove-il-test-della-navettaa-guida-autonoma-del-living-lab-tomove>
- *Waymo* - <https://waymo.com/blog/2025/12/2025-year-in-review/?utm>

Ringraziamenti

Siamo giunti al termine di questa avventura anconetana. Più che un'avventura universitaria, ad oggi vivo il tutto come la chiusura di un capitolo che ho adorato: una dimensione molto domestica e comoda, che ormai era diventata la mia piccola grande bolla. Ma con la chiusura di questa fase e l'inizio di un capitolo ancora più grande, con obiettivi ancora più importanti, non posso non soffermarmi a ringraziare chiunque abbia aiutato il processo per forgiare la persona che sono oggi. Ritengo che la mia rete di relazioni sia stata unica e mi reputo molto fortunato per questo.

Ci tengo a ringraziare di cuore ogni singola persona che mi ha sostenuto in questo percorso. Vorrei iniziare dai miei genitori. Loro, in maniera differente, sono stati due grandissime fonti d'ispirazione. A mio padre Marco (o meglio, Gian Marco), devo parecchio. Da ingegnere ha sempre saputo guidarmi nel modo giusto all'interno di questo percorso, con autorevolezza e tecnicismo; mentre da padre mi ha educato tra lezioni di vita e di surf. In egual modo ci tengo a elogiare mia madre, la quale nella vita quotidiana non mi ha mai fatto mancare nulla in questi anni. Lei, seppur meno esperta in ambito tecnico, è stata sempre una grande ispirazione sul lato più pratico delle cose e soprattutto il sinonimo di casa. Un ringraziamento speciale va ovviamente ai miei fratelli. Come per i miei genitori, vorrei ringraziarli separatamente. Francesco, ti ringrazio per essere stato un'ottima spalla. Sei una persona con un cuore grande, una qualità che ti porterà in alto se sarai in grado di canalizzare bene l'energia che ne deriva; ma sii sempre volenteroso nel perseguire l'obiettivo. Alessandro, invece, voglio ringraziarlo per essere stato un ottimo spunto di riflessione. Sei un ragazzo con la testa sulle spalle e, malgrado gli anni di differenza, cerco sempre di guidarti nel modo giusto.

Un ringraziamento speciale va anche ai miei nonni: ai nonni Bedeschi, per essere stati quasi dei secondi genitori, e a nonna Revel, per essere sempre stata quel punto di riferimento di classe, pure nelle cose più piccole. A nonno Nino va invece un ricordo speciale: mi avrebbe fatto davvero troppo piacere averti qui con me oggi. Ti ho sempre visto come una persona estremamente autorevole, forgiata dal livello professionale che avevi raggiunto nella tua carriera. Sono sicuro che saresti stato fiero di me oggi. Ci tengo in modo particolare a ringraziare anche tutti i cugini e gli zii. Ai cugini di Roma – loro sanno perché li cito in particolar modo – dico solo: venite più spesso ad Ancona, che si sta benissimo tutti insieme.

A special thank you also goes to my girlfriend, Sydni. We met a couple of years ago at this point, but you have never stopped supporting me and, day by day, you have become irreplaceable.

Ultimi, ma non per importanza, ci tengo a ringraziare i miei amici. Tutti. Ognuno ha avuto i suoi meriti nel formare la persona che sono diventato oggi. In particolare, vorrei menzionare in primis il mio gruppo, la mia gang. Siete i ragazzi che ho avuto al mio fianco per tutta l'adolescenza, dai 13 anni in poi, e non potrò mai smettere di ringraziarvi per tutto quello che mi avete dato a livello personale. Ci tengo anche a elogiare i miei amici del surf. Questo è ciò che a Londra mi mancherà di più, e voi insieme a lui. Vi ringrazio per avermi obbligato ad alzarmi alle 5 di mattina per mezzo metro d'onda e a farmi sentire comunque gasato come se fossimo alle Maldive. Ci tengo inoltre a ringraziare i miei amici del bunker: con voi ho condiviso gli step di studio universitario che mi hanno permesso di concludere questo percorso nel corso degli anni.

E, come piccolo extra, ci tengo a ringraziare anche me stesso. Potrebbe sembrare un po' egocentrico, ma lo sono un po', lo sapete. Mi vorrei ringraziare per aver sempre creduto in me stesso, per aver cercato costantemente un miglioramento giornaliero, quel piccolo passettino che permette di fare progressi ogni giorno. Mi piace pensare che se ci si concentra su questo, e si aggiunge la giusta costanza, ognuno sia capace di migliorare ogni giorno come persona nell'ottica di un obiettivo più grande. Continua così G, you're doing great.

Grazie a tutti.