

UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTÀ DI INGEGNERIA



*Corso di Laurea Triennale in
Ingegneria Informatica e dell'Automazione*

*Analisi dei sistemi di ausilio alla guida basati su visione
artificiale*

*Analysis of Driver Assistance Systems based on artificial
vision*

Relatore:
PROF. MANCINI ADRIANO

Laureando:
DI CRESCENZO FEDERICA

ANNO ACCADEMICO 2020-2021

Indice

1	Introduzione	4
1.1	Obiettivi	6
2	Intelligenza Artificiale	7
2.1	Come si è sviluppata nel tempo	7
2.1.1	Test di Turnig	8
2.2	Intelligenza Artificiale Forte e Debole	10
2.2.1	L’Intelligenza Artificiale Debole	11
2.2.2	L’Intelligenza Artificiale Forte	12
2.3	Machine Learning	13
2.3.1	Apprendimento Supervisionato	13
2.3.2	Apprendimento Non Supervisionato	15
2.3.3	Apprendimento per Rinforzo	15
2.4	Deep Learning	16
2.4.1	Rete Neurale	17
3	Sistemi di Assistenza alla Guida (ADAS)	22
3.1	Cruise Control Adattivo	24
3.2	Frenata Automatica di Emergenza	24
3.3	Avviso di Collisione	25
3.4	Monitoraggio Angolo Cieco	26
3.5	Lane Departure Warning e Lane Keep Assist	27
3.6	Assistente di Parcheggio	28
3.7	Sensore di Pioggia e Sensore Crepuscolare	29
3.7.1	Sensore di Pioggia	29
3.7.2	Sensore Crepuscolare	29
3.8	Riconoscimento dei segnali stradali	31
3.9	Rilevatore di Stanchezza	32
4	Grado di Attenzione e la Stanchezza del Guidaatore	34
4.1	Monitoraggio Stato del Veicolo	35
4.2	Analisi dei segnali fisiologici del conducente	36
4.3	Analisi del comportamento del conducente	37

INDICE	3
5 Conclusioni	40
Bibliografia	41
Elenco delle figure	45

Capitolo 1

Introduzione

Nel 2020 vi è stata una diminuzione sostanziale del tasso di incidenti dovuta alla *pandemia* e al conseguente lockdown disposto dal governo che ha causato un blocco quasi totale della mobilità. Infatti l'ISTAT ha registrato un decremento dell'incidentalità stradale del 31.3%[1] ma nei primi sei mesi del 2021 notiamo una decisa impennata del tasso di incidenti del 31.3% rispetto allo stesso periodo del 2020. Se però si prende in considerazione il periodo precedente la pandemia, evidenziano ACI e ISTAT, i dati che emergono sono tutt'altro che negativi: rispetto alla media 2017-2019, infatti, gli incidenti sono diminuiti del 22.5% [2].

In quasi tutte le statistiche la *distrazione* è il primo motivo d'incidente stradale, seguito subito dopo dal mancato rispetto della precedenza e dall'uso di alcool. In realtà è proprio la stanchezza che crea distrazione ma spesso viene messa in ombra da altri fattori più evidenti come la velocità, le condizioni del veicolo o le situazioni meteo. Purtroppo quasi tutte queste motivazioni sono riconducibili a momentanei colpi di sonno del guidatore che al risveglio non è più in grado di controllare l'auto. Secondo l'ACI, Automobile Club d'Italia, in Italia si stima che circa il 22% degli incidenti stradali, ovvero uno su cinque, sono riconducibili a colpi di sonno e questi incidenti sono più gravi, dato l'alto rischio di mortalità perché la totale inattività del guidatore addormentato azzerava la consapevolezza dell'imminente pericolo.

Per contrastare la distrazione e/o sonnolenza alla guida si è pensato di utilizzare soluzioni innovative che sfruttano l'Intelligenza Artificiale, quali ad esempio la guida assistita o quella autonoma. Queste rappresentano il futuro dei trasporti e avranno un notevole impatto sia in ambito automobilistico che nel quotidiano.

L'Intelligenza Artificiale (IA) è un ramo dell'informatica che permette la programmazione e progettazione di sistemi sia hardware che software che permettono di dotare le macchine di determinate caratteristiche che vengono considerate tipicamente umane quali, ad esempio, il ragionamento, l'apprendimento, la pianificazione, le percezioni visive, spazio-temporali e decisionali. Ovvero permette ai sistemi di capire il proprio ambiente, mettersi in relazione con quello che percepisce e risolvere problemi, nel caso si presentino, agendo così verso un obiet-

tivo specifico prefissato. L'Intelligenza Artificiale può essere utilizzata in diversi ambiti della vita quotidiana come ad esempio:

- *Chatbot* sfruttano l'Intelligenza Artificiale per comprendere più rapidamente i problemi dei clienti e fornire risposte più efficaci.
- *Assistenti Intelligenti*, quali *Google Assistant* per Google Pixel XL, *Siri* per Apple e il più recente *Alexa*, forniscono un'assistenza continua all'utilizzatore essendo sempre pronti a rispondere alle varie domande che gli vengono poste.
- I *Motori di Raccomandazione* possono fornire consigli automatici, ad esempio, per shopping online, attraverso annunci personalizzati basati sui prodotti ricercati dall'utente, oppure per i programmi TV, sulla base delle abitudini televisive degli utenti.

In verità le applicazioni dell'Intelligenza Artificiale sono ben più ampie di quanto detto finora, poiché essa può essere applicata anche in diversi settori come quello automobilistico, sanitario, finanziario, di trasporto, manifatturiero e produttivo.[3]

Quindi si può definire l'Intelligenza Artificiale come la scienza che ha lo scopo di far funzionare le macchine nello stesso modo del cervello umano, cioè che ragionino in maniera simile. Per fare questo, nel tempo si è sviluppato il *Machine Learning*.

Il *Machine Learning*, o Apprendimento Automatico, è l'algoritmo che permette alle macchine di imparare dai propri errori, migliorandosi nel tempo. Intelligenza Artificiale e Machine Learning sono spesso confuse ma non sono la stessa cosa, si tratta di due tecnologie collegate tra di loro ma differenti: l'Intelligenza Artificiale crea l'architettura, il Machine Learning la migliora. Quindi il *Machine Learning* è un'applicazione dell'IA.

Più aumenta la complessità degli algoritmi, più l'Approccio Automatico si avvicina alla struttura delle reti neurali del cervello. Infatti, viene definito un Apprendimento Profondo, o *Deep Learning* [4].

Il *Deep Learning* è una sotto categoria del *Machine Learning* e utilizza algoritmi in grado di simulare il cervello umano, dette reti neurali. Ma a differenza delle reti neurali semplici, il *Deep Learning* è una rete neurale a più livelli, che permette al sistema di elaborare anche dati non strutturati. Inoltre, il *Deep Learning* viene utilizzato in una grande varietà di problemi di visione artificiale, come il rilevamento del movimento, degli oggetti e il riconoscimento di azioni. Difatti questa metodologia ha diverse applicazioni tra cui la diagnosi medica, la classificazione di oggetti e la generazione automatica di didascalie di immagini; ma tra le più importanti vi è quello nell'ambito della guida automatica. Attraverso l'utilizzo di sensori e un sistema di telecamere capaci di elaborare le immagini, la guida autonoma riesce a riconoscere gli ostacoli e l'eventuale presenza di un

pendone. Inoltre, è in grado di valutare le situazioni che le si presentano, come nel caso di un pericolo e automaticamente azionare la frenata d'emergenza.

Un grande contributo lo dà la *Computer Vision*, sotto categoria del *Machine Learning*, dedicata all'interpretazione e alla comprensione di immagini e video. Lo sviluppo delle tecnologie di deep learning ha consentito la creazione di modelli di computer vision più accurati e complessi, permettendo così di avere un miglioramento significativo nella guida automatica.

La guida assistita porterà sicuramente alla diminuzione di incidenti e ad un miglioramento del flusso del traffico. C'è anche da considerare i veicoli senza conducente, già presenti sulle strade, che potranno procedere a velocità più elevate con ridotte possibilità di commettere errori.

Negli ultimi anni, si è riscontrato grande interesse nello sviluppo di metodi e strumenti in grado di rilevare il grado di stanchezza e/o distrazione del conducente, così da poterlo avvisare dei pericoli che corre continuando a guidare. Questi dispositivi avvisano il guidatore attraverso un segnale acustico e/o una scritta che compare sul display in cui si invita a fare una pausa. Le auto di ultima generazione sono dotate di un sistema di monitoraggio avanzato che, mediante l'uso di una telecamera posiziona sul cruscotto e rivolta verso il conducente, permette di rilevare sonnolenza o distrazione del conducente ed emettere un avviso.

La telecamera rileva gli occhi del conducente e riesce a determinare se li sta sbattente più del solito, se gli occhi si chiudono e la testa si inclina in modo innaturale, se sta guardando la strada prestando attenzione oppure in maniera distratta. Nel caso in cui il sistema ritiene che il guidatore è distratto o assonnato cerca di risvegliare la sua attenzione emettendo un segnale acustico, facendo accendere una spia sul cruscotto e facendo vibrare il sedile. Se i sensori esterni del veicolo ritengono che stia per avvenire una collisione, il sistema applica autonomamente la frenata d'emergenza facendo arrestare il veicolo.

1.1 Obiettivi

Lo scopo del seguente elaborato è l'analisi dei sistemi di ausilio alla guida, definiti *ADAS*¹, attraverso l'utilizzo di telecamere e altri sensori. Nello specifico un report dei diversi algoritmi studiati nel tempo per il rilevamento della stanchezza.

¹Advanced Driver Assistance Systems

Capitolo 2

Intelligenza Artificiale

L'Intelligenza Artificiale è la disciplina che studia la progettazione, lo sviluppo e la realizzazione di sistemi capaci di simulare le abilità, il ragionamento e il comportamento umano. Tali sistemi utilizzando complessi algoritmi sono in grado di interagire con l'ambiente che li circonda e analizzando i dati raccolti sono capaci di raggiungere autonomamente uno scopo, prendendo decisioni che erano solitamente affidate alle persone.

2.1 Come si è sviluppata nel tempo

Le prime tracce di Intelligenza Artificiale come disciplina scientifica risalgono agli anni Cinquanta. Era un periodo di grande fermento scientifico sullo studio del calcolatore e il suo utilizzo per sistemi intelligenti. Nel 1956, al *Darmouth College*, nel New Hampshire, si tenne un convegno al quale presero parte i maggiori esponenti dell'informatica, come John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester e Claude Shannon, i quali utilizzarono per la prima volta il termine **Intelligenza Artificiale** in un documento informale del 1955 proprio per proporre la suddetta conferenza. In quell'occasione si raccolsero i principali contributi sul tema, ponendo anche l'attenzione sugli sviluppi futuri.[5]

Durante il convegno ebbe un ruolo fondamentale il lavoro di Alan Turing, un matematico inglese, che nel 1936 progettò una macchina in grado di risolvere dei problemi pratici. Poi nel 1950, lo stesso Turing, scrisse l'articolo intitolato "*Computing machinery and intelligence*", in cui pose le basi di un test per valutare il livello di intelligenza delle macchine. Questo test è ancora oggi noto come **Test di Turing**. Secondo il quale, una macchina poteva essere considerata intelligente se il suo comportamento, osservato da un essere umano, fosse considerato indistinguibile da quello di una persona.

In realtà il primo vero progetto di *Artificial Intelligence*, nota con l'acronimo AI, risale al 1943 quando due ricercatori, il neurofisiologo *Warren Sturgis McCulloch* e del matematico *Walter Harry Pitts* proposero al mondo scientifico il

primo neurone artificiale a cui seguì poi nel 1949 il libro di *Donald Olding Hebb*, psicologo canadese, grazie al quale vennero analizzati in dettaglio i collegamenti tra i neuroni artificiali ed i modelli complessi del cervello umano. [6]

Nel 1958 lo psicologo *Franck Rosenblatt* propone il primo schema di rete neurale, detto **Perceptron** (perceptrone). Esso è pensato per il riconoscimento e la classificazione di forme e consiste in un'entità con un ingresso, un'uscita e una regola di apprendimento basata sulla minimizzazione dell'errore. Nello stesso anno, *McCarthy* sviluppa il linguaggio **Lisp** per studiare la computabilità di funzioni ricorsive su espressioni simboliche che per lungo tempo è stato il linguaggio di riferimento nei progetti di intelligenza artificiale. Nel 1969 i matematici *Marvin Minsky* e *Seymour Papert* mettono in discussione il perceptrone di *Rosenblatt*. Essi dimostrano che, nonostante questo fosse in grado di apprendere qualsiasi funzione potesse rappresentare, un perceptrone con due input non era in grado di rappresentare una funzione che riconoscesse quando i due input sono diversi. Questo diffuse sfiducia nelle reti neurali e solo 20 anni dopo, nel 1986 tornarono alla ribalta grazie agli studi di Jay McClelland e David Rumelhart. [7]

2.1.1 Test di Turnig

Il matematico *Alan Turing* piuttosto che chiedersi se una macchina potesse essere intelligente, cosa complicata da formalizzare anche con gli essere umani, si chiedeva quanto una macchina potesse sembrare simile, dal punto di vista cognitivo, a un essere umano. Questo lo portò a formulare nel 1950 il famoso *Test di Turing*. Nell'articolo "*Computing machinery and intelligence*" *Turing* prende spunto da un gioco, chiamato *The Imitation Game*, a tre partecipanti: un uomo A, una donna B, e una terza persona C (Fig. 2.1). Quest'ultima è tenuta separata dagli altri due e tramite una serie di domande deve stabilire qual è l'uomo e quale la donna. Dal canto loro anche A e B hanno dei compiti: A deve ingannare C e portarlo a fare un'identificazione errata, mentre B deve aiutarlo. Affinché C non possa disporre di alcun indizio (come l'analisi della grafia o della voce), le risposte alle domande di C devono essere dattiloscritte o similamente trasmesse. [8]

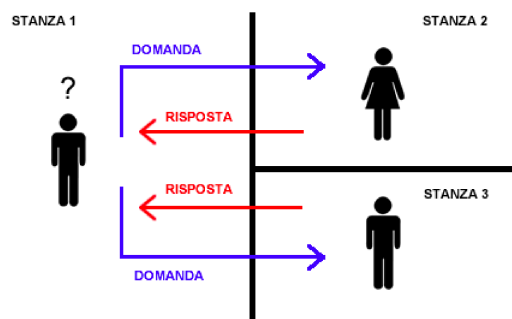


Figura 2.1: Rappresentazione della prima fase del *Test di Turing*

La terza persona C, ovvero l'intervistatore, deve riuscire a capire attraverso le risposte date chi è l'uomo e chi la donna. Ripetendo il test N volta e considerando le X volte in cui è stato commesso uno sbaglio avremo una stima dell'errore pari a $\frac{X}{N}$.

Adesso si ripeterà il Test ma si sostituirà uno dei partecipanti con un computer (Fig. 2.2) e la persona C deve capire chi è la macchina e chi l'uomo.

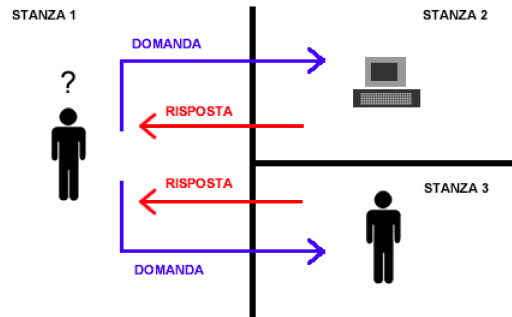


Figura 2.2: Rappresentazione della seconda fase del *Test di Turing*

Il procedimento è lo stesso. Quindi l'intervistatore formula una serie di domande, non sapendo di star comunicando con due uomini o se uno di loro è un computer. Alle fine del gioco dovrà identificare i due partecipanti. Considerando di ripetere il test N volte e che l'intervistatore sbaglia l'identificazione dei partecipanti per Z volte, si avrà una stima dell'errore pari ad $\frac{Z}{N}$.

Se la stima dell'errore, nel gioco in cui partecipa il computer $\frac{Y}{N}$ è simile o inferiore a quella in cui partecipano l'uomo e la donna $\frac{X}{N}$ si può dire che il Test è stato superato, ovvero se $\frac{X}{N} \approx \frac{Y}{N}$. Allora se il Test viene superato si può affermare che la macchina è intelligente può non la si può distinguere dall'essere umano. [9]

Il test di Turing è stato via via riformulato durante gli anni. Le ragioni sono varie e passano dall'imprecisione della formulazione originale, al sorgere di nuovi problemi relativi alla definizione di macchina intelligente. A volte semplici programmi, come ad esempio *Eliza* (un programma che emula un terapeuta rogersiano), hanno costretto a riformulare i criteri del test perché inadeguati o troppo facilmente soddisfatti da programmi evidentemente non pensanti.

La contro-argomentazione più famosa è l'esperimento mentale della **Stanza Cinese** (Fig. 2.3) ideato dal filosofo *John Searle* nel 1980 [10], in cui una persona che non conosce il cinese viene chiusa a chiave in una stanza. Fuori dalla stanza c'è un'altra persona che può introdurre biglietti scritti in cinese all'interno della stanza attraverso una buca delle lettere. La persona nella stanza ha a disposizione un grande manuale dove può trovare istruzioni dettagliate per rispondere ai biglietti che riceve dall'esterno.

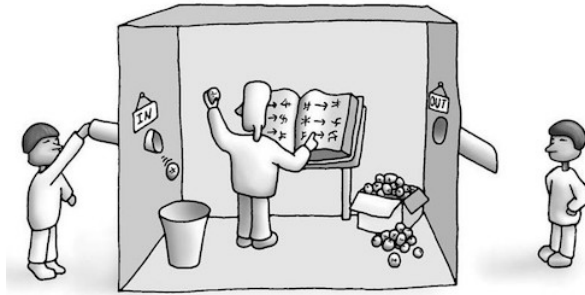


Figura 2.3: Illustrazione dell'esperimento della *Stanza Cinese*

Searle argomenta che, anche se la persona fuori dalla stanza ha l'impressione di dialogare con un'altra persona che parla cinese, in realtà la persona nella stanza non capisce il cinese. Analogamente, stando alla sua argomentazione, anche se una macchina si comporta in modo intelligente, per esempio superando il test di Turing, ciò non significa che sia intelligente o che abbia una "mente" comparabile con quella umana. Una tesi analoga può essere sostenuta anche sostituendo il termine "intelligente" con il termine "cosciente".[11]

2.2 Intelligenza Artificiale Forte e Debole

Il primo vero successo dell'Intelligenza Artificiale è stato quello che ha visto il confronto tra *Deep Blue*, una macchina realizzata dalla *IBM* e il campione di scacchi allora in carica *Garry Kasparov*. Anche se i primi incontri furono vinti da *Kasparov*, i continui miglioramenti apportati al sistema di apprendimento di *Deep Blue* permisero, in successive partite, di assicurare la vittoria alla macchina. Una vittoria che, come confermò lo stesso campione di scacchi, fu sicuramente data dal fatto che la macchina aveva raggiunto un livello di creatività così elevato che andava oltre le conoscenze del giocatore stesso.

Ma la cosa importante da chiedersi è: "Cosa c'è alla base del concetto di Intelligenza Artificiale?" Il desiderio dell'uomo di creare una connessione indissolubile tra automazione e ragionamento. I primissimi tentativi in merito si basavano sulla presenza di algoritmi matematici che via via si sono evoluti, diventando sempre più complessi e difficili. L'automazione si è divisa in due teorie fondamentali: l'**Intelligenza Artificiale debole** e l'**Intelligenza Artificiale forte** (Fig. 2.4), definite così dallo *John Searle* nell'articolo *Minds, brains, and programs* del 1980.

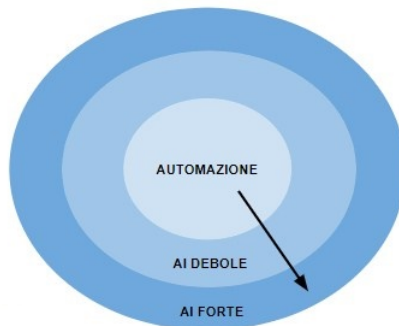


Figura 2.4: Rappresentazione grafica della divisione dell'automazione

Prima di esplorare il terreno complesso e affascinante di queste due teorie, occorre chiarire la base dalla quale partono ovvero la visione della mente umana come un programma. Supponiamo di fornire degli stimoli al cervello umano. Questi stimoli producono un ragionamento, e il ragionamento produce un determinato comportamento. Scopo dell'Intelligenza Artificiale è avere una macchina, un calcolatore che possa simulare il ragionamento umano [12].

La distinzione tra AI forte e AI debole parte da una domanda fondamentale: "La macchina potrà eguagliare e addirittura superare il ragionamento umano oppure non sarà mai equivalente a esso?"

2.2.1 L'Intelligenza Artificiale Debole

L'**Intelligenza Artificiale debole** si fonda sul "come se" ovvero agisce e pensa come se avesse un cervello. L'obiettivo dell'AI debole non è quella di realizzare macchine che abbiano un'intelligenza umana, ma quello di creare sistemi che possano agire con successo in alcune funzioni complesse umane, come ad esempio la traduzione automatica di testi. Il software elaborato, in questo caso, agisce come se fosse un soggetto intelligente e non ha nessuna importanza che lo sia davvero. *Searle* affermò in *Minds, brains and programs* che l'Intelligenza Artificiale debole consente di verificare le ipotesi in maniera estremamente precisa. Alla base di questa teoria c'è la possibilità di costruire una macchina che sia in grado di simulare il comportamento umano, senza mai né eguagliarlo né superarlo [10].

In parole povere, in un ipotetico confronto tra uomo e macchina, la mente umana mantiene la sua supremazia. La macchina non è capace di pensare in maniera autonoma, svolge in maniera eccellente il suo incarico ma ha bisogno della presenza dell'uomo, quindi il suo compito è semplicemente quello di realizzare un'**intelligenza "simulata"**. L'AI debole ha origine quando si ha la necessità di nuovi sistemi di calcolo ed elaborazione, difatti nascono i primi software semplici che aprono una visione diversa, offrono un metodo di analisi e calcolo da una nuova prospettiva.

L'intelligenza Artificiale debole opera in questo modo: indaga su casi simili, li confronta, elabora una serie di soluzioni, scegliendo quella più razionale e congrua. Qui entra in gioco la simulazione del comportamento umano. L'AI debole raccoglie esperienza, così come fa la mente umana. Non ha la pretesa di definire i processi che crea come processi mentali. Verifica in maniera empirica ipotesi o svolge in modo efficiente il compito che le viene assegnato. Nell'AI debole non esiste la necessità di comprendere totalmente i processi cognitivi dell'uomo. Essa si occupa esclusivamente del famoso *problem solving*, ovvero la risoluzione di problemi.[13]

2.2.2 L'Intelligenza Artificiale Forte

Secondo la stessa definizione di *Searle*, nell'**Intelligenza Artificiale forte**, la macchina non è soltanto uno strumento. Se programmata in maniera opportuna, diventa essa stessa una mente, con una capacità cognitiva non distinguibile da quella umana. Una teoria forte, affascinante la cui genesi è facilmente rintracciabile nelle parole del filosofo *Hobbes*, quando affermava che l'intelligenza, ovvero la facoltà di ragionare, non è altro che un insieme di calcoli della mente umana.

La tecnologia alla base dell'Intelligenza Artificiale forte è quella dei **sistemi esperti**, cioè una serie di programmi che vogliono riprodurre, attraverso una macchina, le prestazioni e le conoscenze delle persone esperte in un determinato campo. Il sistema esperto opera in 3 *step* distinti:

1. la base di partenza: consiste in regole e procedure di cui il sistema ha bisogno nel corso del suo operato;
2. il motore inferenziale: consiste nell'applicazione, in una determinate situazione, dei dati e delle nozioni;
3. interfaccia utente: dove vi è l'interazione tra la macchina e l'essere umano

Inoltre possiamo dire che l'Intelligenza Artificiale forte si è concentrata su alcuni punti, ritenuti fondamentali: la **logica matematica** che rappresenta l'intero scibile umano; il ragionamento e la **dimostrazione automatica** del problema; l'**analisi del linguaggio**, elemento fondamentale per rendere semplice la comprensione delle espressioni linguistiche umane da parte della macchina e la **pianificazione**, tramite gli algoritmi [12]

Fino alla fine degli anni '80, gli studiosi hanno creduto fortemente nell'AI forte. Un esempio su tutti, è il famoso scrittore *Isaac Asimov*, il quale inventò le famose **tre leggi della robotica**. Dato che nei suoi romanzi i robot ragionano come e in maniera a volte superiore rispetto l'essere umano creò delle regole che governano i rapporti tra esseri umani e robot.

Questa particolare filosofia di automazione riguarda quindi la creazione di un'intelligenza che non sia la "banale" replica della mente umana. Dovrà essere

qualcosa di unico, capace di risolvere problemi ancora irrisolti migliorando anche il proprio ragionamento valutando nel tempo lo stesso attraverso l'esperienza [14].

2.3 Machine Learning

Il *Machine Learning* (ML), o Apprendimento Automatico, è un sottoinsieme dell'Intelligenza Artificiale (IA) che consente alla macchina di affrontare situazioni e problemi non previsti dalla programmazione iniziale, prendendo decisioni e compiendo azioni non programmate. Questo è possibile poiché nel corso del tempo la macchina acquisisce nuove conoscenze e migliora la sua capacità decisionale, ovvero il software modifica se stesso con l'esperienza ed è in grado di imparare dai propri errori. Il computer apprende questa nuova conoscenza in due modi: dall'osservazione dell'ambiente esterno, cioè impara dai feedback delle sue azioni e dai suoi errori, e dalla base di conoscenza (*knowledge base* o KB), ovvero dall'esperienza e la conoscenza dell'ambiente operativo che sono conservate nel suo database. Queste due modalità di apprendimento sono complementari.

Il *Machine Learning* a sua volta viene diviso in diverse categorie quali, ad esempio: la *Vision*, branca dell'Intelligenza Artificiale dedicata al campo visivo, di cui fanno parte ad esempio i software di riconoscimento immagini e *machine vision*; lo *Speech*, ovvero tutte le funzionalità relative al linguaggio parlato quindi all'audio, un esempio di queste sono i sottotitoli presenti in alcuni video live; ed il *Natural Language Processing*, i cui algoritmi devono essere in grado di analizzare le frasi in tutti i loro significati, eseguendo analisi lessicali, grammaticali, sintattiche e semantiche.

A seconda del tipo di algoritmo utilizzato per permettere l'apprendimento alla macchina, ossia a seconda delle modalità con cui la macchina impara ed accumula dati e informazioni, si possono suddividere tre differenti sistemi di apprendimento automatico: **supervisionato**, **non supervisionato** e **per rinforzo**. I tre modelli di apprendimento sono utilizzati in maniera differente a seconda della macchina su cui si deve operare, garantendo così sempre la massima performance e il migliore risultato possibile per la risposta agli stimoli esterni.

2.3.1 Apprendimento Supervisionato

L'**apprendimento supervisionato** consiste nel fornire alla macchina degli esempi di obiettivi da raggiungere, mostrando le relazioni tra input, output, e risultato. Il set di dati con output noti per un dato input è chiamato set di dati con etichetta.

Dall'insieme dei dati mostrati, la macchina deve essere in grado di estrapolare una regola generale, che possa permettere, ogni volta che venga stimolata con un determinato input, di scegliere l'output corretto per il raggiungimento dell'obiettivo[15]. In questo modo, quando la macchina si trova di fronte ad un

problema, non dovrà fare altro che attingere alle esperienze inserite nel proprio sistema, analizzarle, e decidere quale risposta dare sulla base di esperienze già codificate. Questo tipo di apprendimento è, in qualche modo, fornito già confezionato e la macchina deve essere solo in grado di scegliere quale sia la migliore risposta allo stimolo che le viene dato. Gli algoritmi che ne fanno uso vengono utilizzati in molti settori, da quello medico a quello di identificazione vocale: essi, infatti, hanno la capacità di effettuare ipotesi induttive. Esempi classici di questa tipologia sono la **classificazione** e la **regressione**, entrambi ricevono dati in input che possono essere continui o discreti:

- La classificazione fornisce un output, detto etichetta, che può essere una variabile qualitativa di tipo binario (Fig. 2.5) come sì o no, vero o falso, o una variabile di tipo nominale come etnia, tipi di animale, oppure una variabile ordinale tipo *junior*, *middle*, *senior* [16].

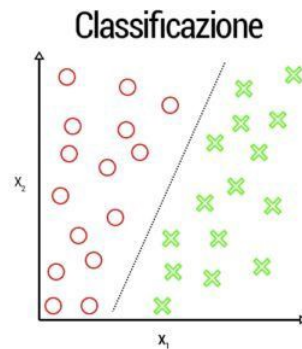


Figura 2.5: Rappresentazione grafica della *Classificazione*

- La regressione invece produce in output un valore numerico continuo, quindi può assumere tutti i valori intermedi di un intervallo, come temperatura, prezzo di vendita, numero di infetti (Fig. 2.5).[16]

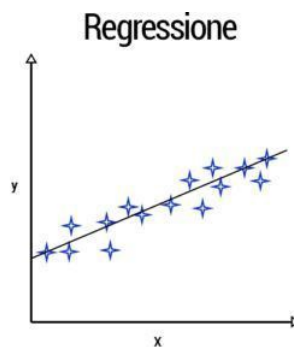


Figura 2.6: Rappresentazione grafica della *Regressione*

2.3.2 Apprendimento Non Supervisionato

In questa tecnica non è necessario supervisionare o condividere i dati etichettati con il modello, poiché l'algoritmo del modello comprenderà automaticamente e inizierà ad imparare dai dati senza guida. Il modello utilizzerà i dati non etichettati per identificare nuovi modelli e informazioni dovute alla progettazione del loro algoritmo. Quindi gli algoritmi non supervisionati funzionano senza una formazione adeguata, ovvero l'algoritmo prende le proprie decisioni e trova il modo di ordinare le variabili e verificare se si adattano tra loro. [17]

In parole semplici, questo algoritmo descrive le informazioni e identifica le categorie in modo da poter comprendere facilmente i dati da *insight*. Ci sono due tecniche principali per applicare la tecnica di apprendimento non supervisionata:

- *Clustering*, tecnica che trova il modello e classifica la racconta dei dati e si può definire anche quanti gruppi si vogliono trovare, difatti il *Clustering* si suddivide in:
 - esclusivo : è possibile ordinare i dati solo in modo che un singolo dato possa appartenere solo ad un cluster.
 - agglomerativo: ogni dato è un cluster. La relazione tra i due cluster diminuisce il numero di cluster in uscita.
 - sovrapposizione: ogni dato in più dati del cluster. Ciò significa che ogni dato includerà in più di un cluster, a seconda dei valori di appartenenza.
 - probabilistico: i dati si distribuiscono nel cluster in base ai fattori che includono.
- *Riduzione della dimensionalità*, algoritmo elimina i dati non significativi (rumore) e combina le informazioni ridondanti (correlate) per concentrare l'analisi su quelli in cui emerge uno schema.[18]

2.3.3 Apprendimento per Rinforzo

A differenza dei primi due metodi, l'*Apprendimento per Rinforzo* non richiede alcun dato per il condizionamento. Difatti nei primi due casi, i programmi vengono prima alimentati con dati mentre qui questo passaggio è completamente assente, poiché i dati vengono generati con una strategia *trial-and-error* durante l'addestramento e contrassegnati, allo stesso tempo, con un'etichetta. In questo caso, il programma svolge diversi cicli di addestramento all'interno di un ambiente di simulazione fino a fornire un risultato esatto. Dunque, invece di confrontare il sistema con i risultati corretti nel corso dell'addestramento (come nell'apprendimento Supervisionato), vengono impostati solo degli impulsi a supporto del sistema.[19]

Questo apprendimento si basa su un meccanismo dei premi, delle ricompense e delle punizioni. Ovvero l'agente riceve in input un obiettivo, non sa come raggiungerlo, quindi prende una decisione, analizza il cambiamento dello stato dell'ambiente valutando i feed-back tramite una funzione di rinforzo. Questa funzione misura il grado di successo di un'azione, rispetto a un obiettivo predeterminato. Si ha:

- Ricompensa: se il feed-back è positivo, l'agente si è avvicinato all'obiettivo dopo l'azione e la funzione di rinforzo assegna un premio (ricompensa) alla macchina. La ricompensa è un valore reale positivo.
- Penalizzazione: se il feed-back è negativo, l'agente si è allontanato dall'obiettivo dopo l'azione e la funzione di rinforzo assegna una penalizzazione.

Mentre fa esperienza la macchina raccoglie preziose informazioni sui feed-back delle azioni e le registra nella Knowledge Base (KB) (Fig. 2.7). [20]

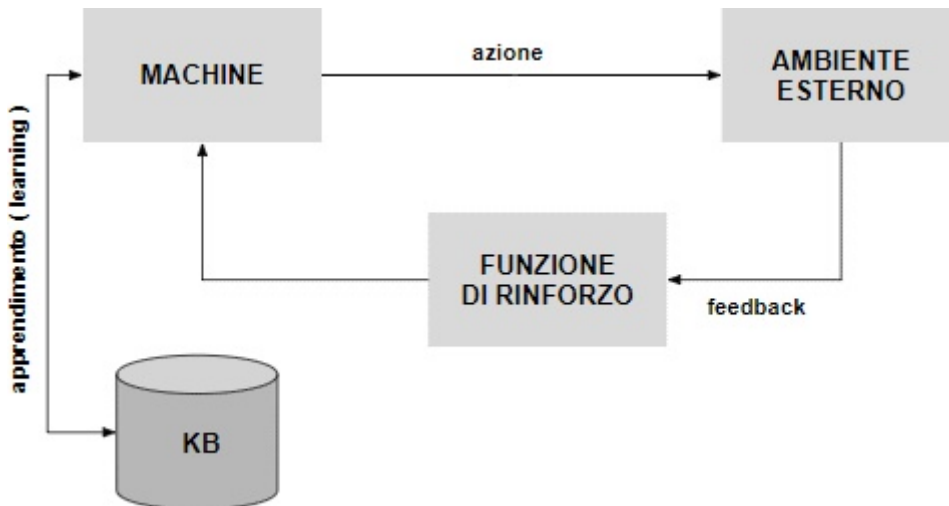


Figura 2.7: Rappresentazione grafica dell'*Apprendimento con Rinforzo*

2.4 Deep Learning

Il Deep Learning, ovvero apprendimento profondo, è una sotto-categoria del *Machine Learning* e indica quella branca dell'Intelligenza Artificiale che fa riferimento agli algoritmi ispirati alla struttura e alla funzione del cervello chiamate **Reti Neurali Artificiali**.

Il *Deep Learning* [21] consente ai modelli computazionali composti da più livelli di elaborazione di apprendere rappresentazioni di dati con più livelli di astrazione, ovvero scopre strutture complesse in set di dati di grandi dimensioni utilizzando l'algoritmo di *back-propagation* per indicare come una macchina dovrebbe

modificare i propri parametri interni utilizzati per calcolare la rappresentazione in ciascun livello dalla rappresentazione nel livello precedente.

Il *deep learning*, formato da un insieme di hardware e software, addestra automaticamente le reti neurali e le rende capaci di imparare a gestire gli input, a costruire modelli sempre più complessi e a risolvere problemi con maggiore efficienza.[22] I livelli multipli della rete neurale (*neural network*) sono composti da unità non lineari a cascata, a cui spetta il compito di estrarre le informazioni per costruire il modello di classificazione.(Fig. 2.8)

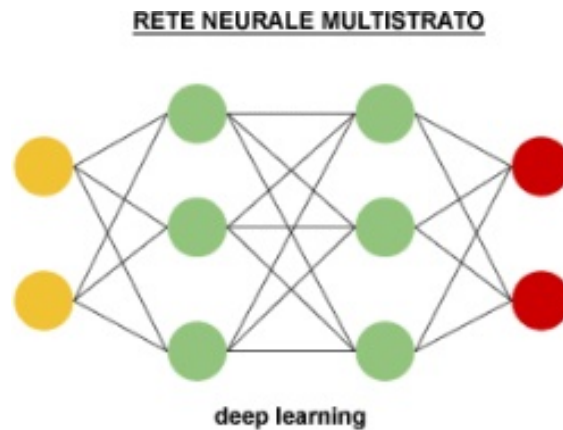


Figura 2.8: Rappresentazione di una Rete Neuronale Multistrato

2.4.1 Rete Neurale

Le *Reti Neurali Artificiali* sono un sottoinsieme del *Machine Learning* ma in particolare, sono l'elemento centrale degli algoritmi di *Deep Learning*. Le *Reti Neurali*[23] sono sistemi di elaborazione dell'informazione i cui meccanismi di funzionamento si ispirano ai circuiti nervosi biologici. Ovvero una rete neurale biologica riceve dati e segnali esterni, questi vengono elaborati in informazioni attraverso un imponente numero di neuroni interconnessi tra loro in una struttura non-lineare e variabile in risposta a quei dati e stimoli esterni stessi. Allo stesso modo, le reti neurali artificiali sono strutture non-lineari di dati statistici organizzate come strumenti di modellazione: ricevono segnali esterni su uno strato di nodi, ognuno di questi *nodi d'ingresso* è collegato a svariati nodi interni della rete che, tipicamente, sono organizzati a più livelli in modo che ogni singolo nodo possa elaborare i segnali ricevuti trasmettendo ai livelli successivi il risultato delle sue elaborazioni.[24]

Quindi possiamo dire che le Reti Neurali (Fig. 2.9) sono formate da tre strati:

1. lo **strato degli ingressi (I – Input)**: è quello che ha il compito di ricevere ed elaborare i segnali in ingresso adattandoli alle richieste dei neuroni della rete;
2. lo **strato H – hidden (strato nascosto)**: è quello che si occupa del processo di elaborazione vero e proprio e può essere strutturato con più colonne-livelli di neuroni;
3. lo **strato di uscita (O – Output)**: dove vengono raccolti i risultati dell'elaborazione dello strato H e vengono adattati alle richieste del successivo livello-blocco della rete neurale

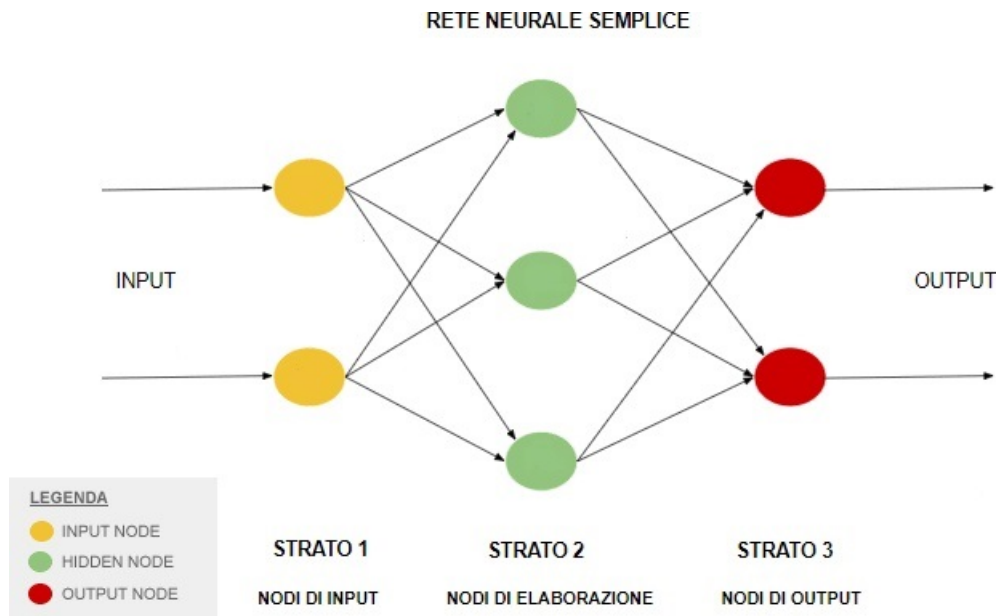


Figura 2.9: Rappresentazione di una Rete Neurale

Ciascuno strato, chiamato *nodo*, diventa attivo se la quantità totale di un segnale che riceve supera la propria soglia di attivazione. Se l'unità diventa attiva, essa emette un segnale che viene trasmesso alle altre unità con cui essa è connessa; ciascun punto di connessione agisce come un filtro che trasforma il messaggio ricevuto in un segnale inibitorio o eccitatorio aumentandone o diminuendone nel contempo l'intensità a seconda delle caratteristiche di ciascun livello. Questi punti di connessione sono definiti *pesi sinaptici*, proprio perché svolgono lo stesso ruolo delle sinapsi nel processo biologico.[23]

Il primo grande passo verso la nascita e lo sviluppo delle reti neurali artificiali lo hanno compiuto nel 1943 il neurofisiologo *Warren Sturgis McCulloch* e il matematico *Walter Pitts* nella loro pubblicazione *A logical calculus of the ideas*

immanent in nervous activity[25]. Nel quale i due scienziati descrivono un apparato in grado di ricevere n dati binari in ingresso in ognuno dei suoi elementi, a cui segue un singolo dato in uscita per ciascuno. Tale macchina è in grado di lavorare su funzioni booleane elementari, e solo su quelle. Nel 1949 *D. O. Hebb* ipotizza la possibilità di istruire le macchine con un apprendimento che emuli quello alla base dell'intelligenza umana.

Nel 1958 viene proposta da *Frank Rosenblatt* la prima rete neurale chiamata *Perceptron* (Fig. 2.10). Essa possiede uno strato di nodi di input, un nodo di output e i pesi sinaptici sono dinamici, permettendo così alla macchina di apprendere, in un modo sommariamente simile, a quello delle reti neurali biologiche. Il suo campo di applicazione è molto limitato. Il modello è *feed-forward*, quindi gli impulsi si propagano in un'unica direzione, cioè in avanti. [26]

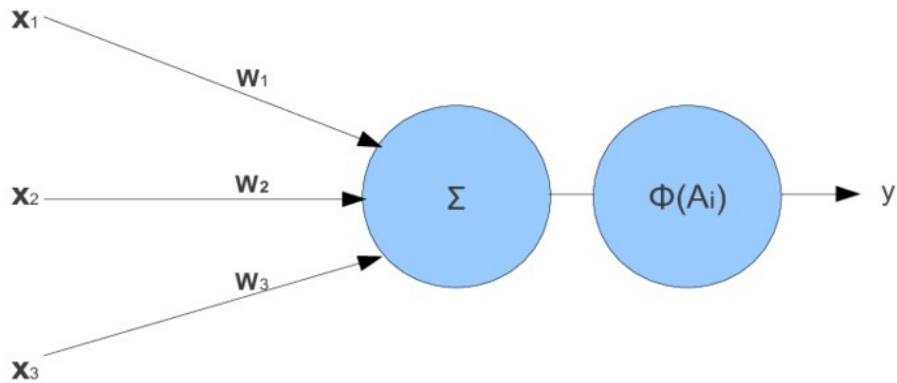


Figura 2.10: Struttura del Perceptrone di *Rosenblatt*

Lo sviluppo più significativo si ha nel 1986, quando *David E. Rumelhart*, *Geoffrey E. Hinton* e *Ronald J. Williams* introdussero il terzo strato delle reti neurali, ovvero quello *hidden*, attraverso il quale si identificarono i modelli di apprendimento per addestrare le reti MLP ossia *Multi-Layers Perceptron*. Oltre a questi presentarono l'algoritmo di **error back-propagation** in grado di addestrare reti con più strati di perceptroni, ossia i network MLP. Grazie a questo algoritmo, la rete viene indotta a ritentare numerose volte, modificando i pesi delle connessioni e altri parametri finché l'errore si riduce al minimo possibile e il *neural network* diviene in grado di agire con successo anche a fronte di dati in ingresso non noti.[27]

Esistono diversi tipi di reti neurali quali:

- **Reti *feed-forward*:** il risultato del nodo viene trasmesso a un nodo dello strato successivo, si va sempre da sinistra verso destra. Si ha una propagazione semplice e aciclica. sono molto importanti perché, in generale, possono essere usate per risolvere problemi in cui si ha la necessità di qualificare/classificare il dato di ingresso. Esse, infatti, costituiscono la base per creare modelli di reti neurali molto complesse
- **Reti Neurali Ricorrenti:** possono avere segnali che viaggiano in entrambe le direzione introducendo loop nella rete, definiti *feedback* (Fig. 2.11). Questo però le rende estremamente complesse poiché l'output di un neurone può influenzare se stesso, in uno *step* temporale successivo o può influenzare neuroni della catena precedente che a loro volta interferiranno con il comportamento del neurone su cui si chiude il loop. Le reti ricorrenti prevedono, quindi, collegamenti all'indietro o verso lo stesso livello. Questa caratteristica conferisce alle reti una sorta di memoria.[28] È utilizzata nelle aree di applicazione dell'elaborazione del linguaggio naturale (PNL) e del riconoscimento vocale. Un modello RNN è progettato per riconoscere le caratteristiche sequenziali dei dati e, successivamente, utilizzare gli schemi per prevedere lo scenario imminente.

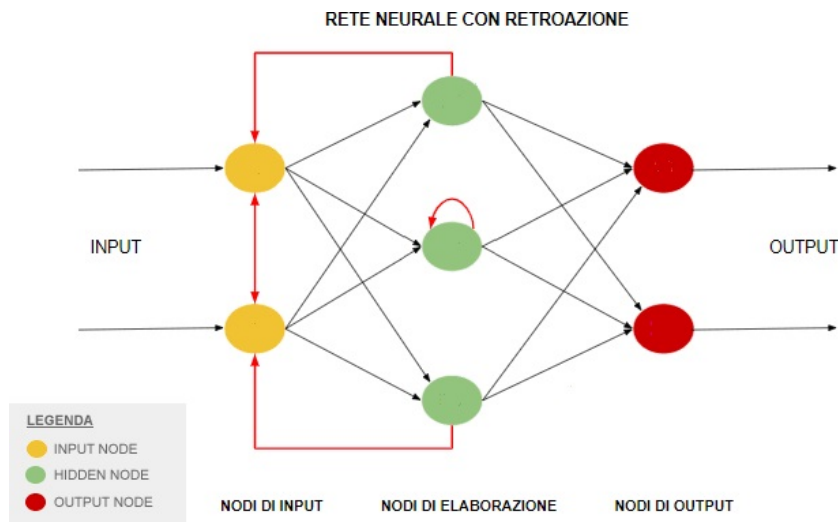


Figura 2.11: Rete Neuronale Ricorrente

- **Reti Neurali Convolutionale:** sono simili alle reti *feed forward* ma a differenza loro le CNN vengono utilizzate per ottenere un miglior risultato nel rilevamento delle immagini. Essa è costituita da: un layer di input, uno o più layer nascosti, che effettuano calcoli tramite funzioni di attivazione, e un layer di output con il risultato. Ma ogni layer ospita quella che

viene chiamata *feature map*, ovvero la specifica caratteristica che i nodi si preoccupano di cercare (Fig. 2.11).

Le *ConvNet* (CNN) sono uno degli algoritmi di *Deep Learning* più utilizzati nella *computer vision* e trovano applicazione in tantissimi campi: dalle automobili autonome ai droni, dalle diagnosi mediche al supporto e trattamento per gli ipovedenti. [29]

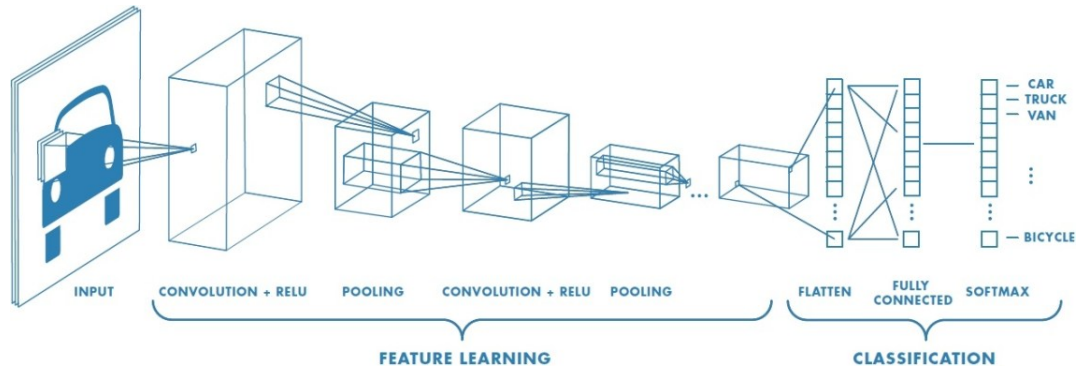


Figura 2.12: Esempio di una rete con numerosi layer convoluzionali. A ciascuna immagine di addestramento vengono applicati dei filtri a diverse risoluzioni e l'output di ciascuna immagine convoluta viene utilizzato come input per il layer successivo.

Capitolo 3

Sistemi di Assistenza alla Guida (ADAS)

Negli ultimi anni la questione sicurezza è diventata un punto saldo nel mercato automobilistico, che sempre più si orienta verso il concetto di “Automobile Intelligente”.

Per questo motivo sono stati creati i Sistemi Avanzati di Assistenza alla Guida, *Advance Driver Assistance System*, che sono sistemi intelligenti che risiedono all'interno del veicolo e assistono il conducente principale in vari modi. Questi sistemi possono essere utilizzati per fornire informazioni vitali sul traffico, la chiusura e il blocco delle strade davanti, i livelli di congestione, i percorsi suggeriti per evitare la congestione, ecc. Inoltre, possono anche essere utilizzati per giudicare la fatica e la distrazione del conducente umano e quindi fare avvisi precauzionali o per valutare le prestazioni di guida e dare suggerimenti in merito.[30]

Ognuno di questi sistemi è quindi dedicato a risolvere una situazione che si potrebbe verificare durante uno spostamento e svolge la sua funzione sfruttando sensori a infrarossi, radar e telecamere che avvisano, segnalano e, in alcuni casi, intervengono a colmare i potenziali errori di distrazione di chi guida (Fig. 3.1). Proprio per questo dal 2024 tutte le auto, quelle di nuova omologazione già dal 2022, dovranno essere munite delle seguenti dotazioni di sicurezza:

- frenata di emergenza automatica;
- *Cruise Control Adattivo*;
- Prevenzione della distrazione e della sonnolenza;
- Scatola nera per la registrazione degli incidenti;
- *Emergency stop signal*, ovvero accensione automatica delle 4 frecce in caso di frenata improvvisa;
- *Intelligent speed assistance*, cioè rilevamento dei segnali stradali e del limite di velocità corrente;

- *Lane keeping assist*, cioè mantenimento della corsia;
- Protezione laterale dagli impatti;
- Telecamera posteriore e sistemi di rilevamento;
- *Blind Spot*, ovvero rilevazione angolo cieco;
- Parcheggio assistito;
- Avviso collisione.

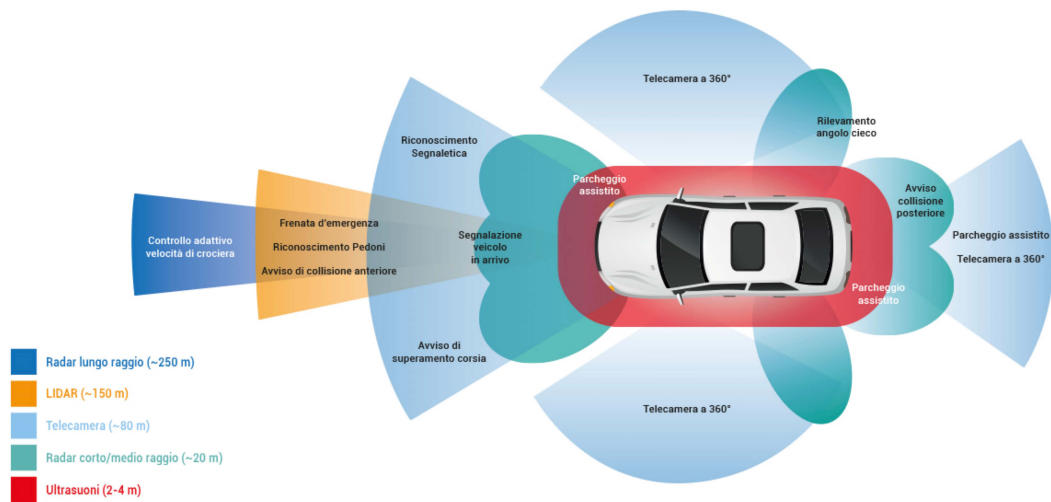


Figura 3.1: Rappresentazione di tutti i dispositivi ADAS presenti nelle auto

3.1 Cruise Control Adattivo

Il *Cruise Control Adattivo* è un sistema dotato di tecnologia intelligente capace di regolare la velocità di crociera, aumentandola o diminuendola, relativamente alle condizioni di traffico. Prerogativa di questo adas è l'efficienza nel mantenere costantemente la giusta distanza di sicurezza con i veicoli che precedono. Questo è possibile grazie alle telecamere, ai radar e ai sensori frontali, che permettono all'ADAS rilevare la presenza di veicoli, o semplici ostacoli, nello spazio che precede la vettura. In questo modo, una volta impostata la velocità di crociera desiderata e la distanza che si vuole mantenere dall'auto davanti, l'ACC svolgerà in automatico tutte le attività di frenata e accelerazione in base alle condizioni di traffico.

L'*Adaptive Cruise Control* al momento è tra gli optional più richiesti dai driver, poiché consente di mantenere una guida più rilassata e sicura, specialmente per gli automobilisti che percorrono quotidianamente lunghi tratti in autostrada.

A partire dal 2022 in Europa molti dei principali sistemi di assistenza alla guida diventeranno obbligatori sulle autovetture nuove e l'Adaptive Cruise Control è tra gli ADAS considerati indispensabili per garantire la sicurezza stradale.[31]

3.2 Frenata Automatica di Emergenza

Secondo i dati statistici in merito alle cause degli incidenti, la maggior parte dei sinistri è da ricondurre a una frenata tardiva o inadeguata da parte del conducente del veicolo. Per questo motivo le case automobilistiche hanno sviluppato dei dispositivi AEB per le auto, acronimo per *Autonomous Emergency Braking*, ovvero sistemi di frenata d'emergenza automatica.

Si tratta di una tecnologia innovativa, che permette di gestire le situazioni critiche attraverso sensori e computer di bordo, ottimizzando l'arresto del veicolo. Essa è costituita da sensori ottici evoluti, coadiuvati da telecamere e LiDAR, che permettono di rilevare l'ostacolo davanti l'auto e registrare parametri quali la direzione, la pressione sui pedali, la velocità e tanto altro.[32]

Qualora il sistema dovesse rilevare un rischio di collisione, il guidatore viene avvisato con un indicatore visivo e con un segnale sonoro. In mancanza di reazione da parte del conducente, la frenata di emergenza assistita entra automaticamente in azione. In questo modo, i sistemi di frenata assistita diminuiscono le cause dell'impatto, ma allo stesso modo aumentano anche le chances di evitare lo scontro, con una gestione ottimale dei tempi di risposta.

Quindi nella pratica, in caso di necessità, ovvero di estrema vicinanza all'ostacolo, il sistema si sostituisce al conducente applicando la massima pressione sul pedale del freno. In questo modo si va a diminuire il più possibile lo spazio di frenata o, qualora l'impatto sia inevitabile, la velocità con cui esso avviene.[33]

3.3 Avviso di Collisione

I sistemi di avviso di collisione e di prevenzione delle collisioni sono tecnologie emergenti per la sicurezza automobilistica che aiutano i conducenti a evitare tamponamenti (Fig. 3.2). La loro funzione è quella di consentire al conducente abbastanza tempo per evitare l'incidente e tuttavia evitare di infastidire il conducente con avvisi percepiti come troppo precoci o non necessari.[34]

Analogamente al sistema di frenata d'emergenza, sfruttando la retrocamera posteriore (e/o i sensori di parcheggio), sensori, o radar, questo sistema avvisa il conducente tramite un segnale acustico, nel caso di un possibile tamponamento sia anteriore che posteriore. Alcuni dispositivi si occupano anche di attivare i dispositivi di sicurezza passivi come il pretensionamento delle cinture di sicurezza.

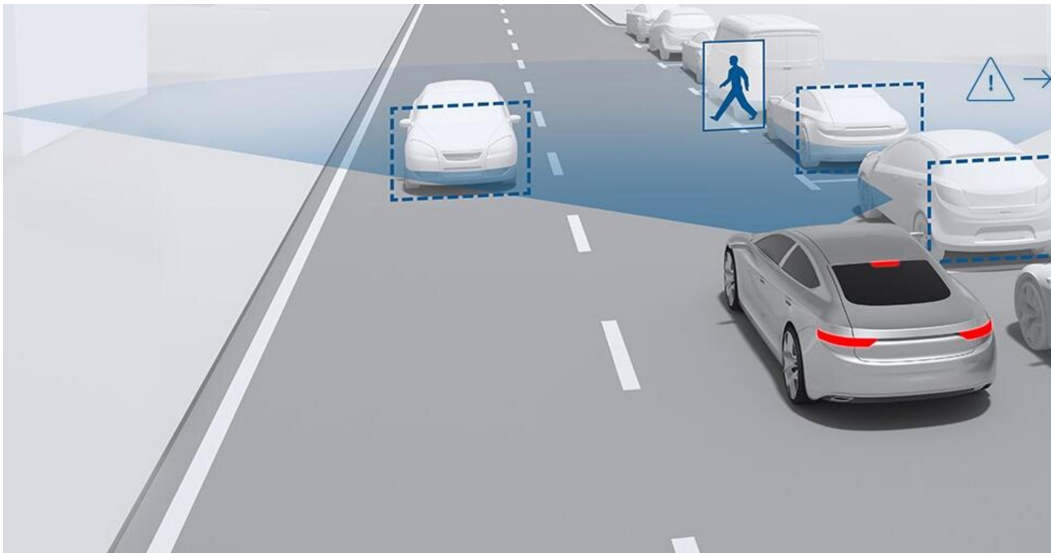


Figura 3.2: Rappresentazione grafica dell'avviso collisione

3.4 Monitoraggio Angolo Cieco

L'angolo cieco è quella zona a lato e immediatamente dietro la macchina che tipicamente l'occhio del guidatore non riesce a visualizzare, e che per questo può nascondere un pericolo come una vettura o una moto in sorpasso.

Il *Blind Spot Assist*, sfruttano due radar (o telecamere) montati sugli specchietti proprio per rilevare la presenza di ostacoli all'interno dell'area dell'angolo morto. Il sistema avvisa il conducente con segnalazioni visive all'interno degli specchietti, o in loro prossimità, e può anche attivare avvisi specifici, con un cicchino o facendo vibrare il volante, se capisce che sta per essere effettuata una manovra nella direzione dell'angolo cieco (Fig. 3.3).

Questo sistema viene utilizzato da alcune case per avvertire il conducente mentre sta aprendo la portiera di possibili ostacoli in avvicinamento, per esempio un ciclista, pedoni o moto. Serve per evitare di cambiare troppo direzione anche rimanendo in corsia, se nei paraggi c'è un altro mezzo non facile da individuare.[35]



Figura 3.3: Rappresentazione grafica dell'*Blind Spot Assist*

3.5 Lane Departure Warning e Lane Keep Assist

Entrambi i sistemi si occupano dell'avviso del superamento della carreggiata. Il sistema di avviso di cambio corsia utilizza una telecamera per rilevare le linee di demarcazione della corsia poste davanti all'auto e monitora la posizione del veicolo nella corsia. La videocamera è posta in genere nella parte alta del parabrezza per monitorare i segni sulla strada e avvisare nel caso di allontanamento dalla corsia.

Le immagini della videocamera dietro al retrovisore interno vengono analizzate per identificare i delimitatori di corsia e, talvolta, un bordo strada non contrassegnato. Chiaramente, allo stesso tempo sono monitorati sia gli input del conducente sullo sterzo, la velocità, la traiettoria del veicolo. Questi parametri permettono di determinare se il guidatore sta per allontanarsi di proposito dalla corsia di marcia o no, se c'è pericolo o no. Appena la videocamera scova il cambio di corsia involontario, il sistema per avvisare il conducente, emette un segnale, che può essere sonoro, visivo oppure una vibrazione del volante. [36]

Mentre la *Lane Keep Assist* supporta attivamente il guidatore, ovvero se la telecamera nota che l'auto si sta avvicinando troppo alla linea di demarcazione, interviene sul volante ruotandolo delicatamente, in modo da ripristinare la giusta direzione. Viene generata automaticamente una controsterzata che riporta la vettura entro la corsia di appartenenza (Fig. 3.4). Più in dettaglio, il sistema di assistenza al mantenimento della corsia applica una forza frenante identica a ogni ruota, "salvando" così il guidatore distratto. Ma, nelle vetture senza servosterzo elettrico, il *Lane Keep Assist* applica una forza frenante differente per ogni ruota, questo per evitare uscite di strada o tremendi frontali con auto che arrivano da direzione opposta.

Bisogna però ricordare che il guidatore può annullare l'intervento dell'LKA sul volante in qualsiasi momento, era e resta pur sempre il responsabile del comportamento del mezzo. E, se il conducente attiva l'indicatore di direzione, il sistema è tanto intelligente da capire che in questo caso il guidatore intende spostarsi: così, il dispositivo non interviene. [37]

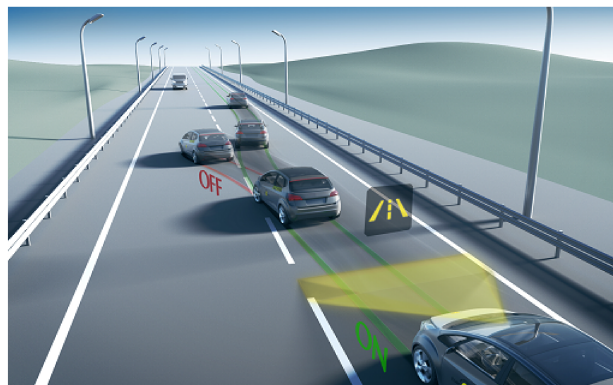


Figura 3.4: Rappresentazione grafica dell'*Lane Keep Assist*

3.6 Assistentente di Parcheggio

Il *Parking Assistant* o parcheggio semiautomatico è un sistema in grado di assistere attivamente il guidatore nelle manovre di parcheggio. Gestisce autonomamente la ricerca del parcheggio, il calcolo dello spazio necessario e le manovre di sterzo, ma non controlla il comando gas, il cambio e i freni, che devono comunque essere azionati dal guidatore.

Il *Park Assist* consente di parcheggiare la vettura in spazi paralleli alla strada, a pettine e a spina di pesce, con benefici per la sicurezza e il comfort. Assiste il guidatore nella ricerca di spazi di sosta longitudinali e trasversali adeguati e lo supporta durante le fasi di manovra, intervenendo automaticamente sul volante nel modo più adatto a parcheggiare la vettura nell'area disponibile.

Dopo che il guidatore ha attivato il sistema, verrà assistito in tutte le manovre, a partire dall'avvicinamento al parcheggio. In questa fase, infatti, se l'auto viaggia a velocità ridotta e a una distanza limitata dalla carreggiata, il sistema monitora lo spazio libero tra le auto già parcheggiate mentre la vettura vi passa a fianco, utilizzando sensori ad ultrasuoni. Se viene individuato lo spazio sufficiente per effettuare il parcheggio, la vettura viene posta nella posizione più corretta per iniziare le manovre. Dopo che il guidatore ha inserito la retromarcia per dare inizio al parcheggio, spetta a lui accelerare e frenare. [38]

I modelli più evoluti di *Park Assist* sono capaci di intervenire anche sul freno e l'acceleratore, eseguendo il parcheggio in maniera del tutto automatica.

3.7 Sensore di Pioggia e Sensore Crepuscolare

I sensori di pioggia e luminosità sono due *Adas* che lavorano congiuntamente per aumentare comfort e sicurezza al volante.

3.7.1 Sensore di Pioggia

Era la metà degli anni '90 quando arrivarono le prime auto con i tergicristalli che si azionavano da soli in caso di pioggia. Inizialmente il sensore era collocato alla base dello specchietto retrovisore, mentre adesso è integrato dentro il parabrezza.

Alla base degli attuali sensori pioggia e crepuscolari c'è la stessa tecnologia, basata sul rilevamento della luce, ovvero si utilizzano dei sensori optoelettronici

Il principio di funzionamento del sensore di pioggia sfrutta un diodo a emissione di luce infrarossa (IR diode) e un diodo che legge la porzione di luce emessa riflessa dal vetro. Nel caso di vetro asciutto la riflessione è pressoché totale mentre in presenza di gocce d'acqua, materia otticamente differente dal vetro, una parte della luce emessa viene rifratta e deviata all'esterno del vetro, provocando una riduzione della luce riflessa sul ricevitore (Fig. 3.5). Questa rilevazione fa partire in automatico i tergicristalli. Non solo, ma a seconda di quanto è intensa la pioggia è minore la luce che raggiunge il fotodiodo. Questo consente all'elettronica di bordo di calcolare la quantità d'acqua che sta cadendo e regolare la velocità del tergicristallo di conseguenza.[39]



Figura 3.5: Il fenomeno della variazione di riflessione quando il vetro è bagnato

3.7.2 Sensore Crepuscolare

Il sensore di luminosità effettua la misurazione delle condizioni esterne di luminosità attraverso un rilevatore optoelettronico. Mediante un vetro filtrante installato a monte, il sensore opera sulle lunghezze d'onda per distinguere tra luce artificiale e luce naturale. Due sensori indipendenti misurano la luce ambiente e la luminosità dell'area antistante il veicolo (Fig. 3.6).

A essere misurata è sia la luce ambiente sia la luminosità dell'area antistante il veicolo. Sulla base dei dati forniti dai due sensori indipendenti e da ulteriori informazioni raccolte dall'elettronica del veicolo, un algoritmo riconosce le varie condizioni di luce. Il sensore crepuscolare, infatti, non distingue banalmente solo fra notte e giorno, ma individua il crepuscolo, il passaggio in un tunnel o sopra un ponte e accende o spegne conseguentemente i fanali dell'auto.[40]

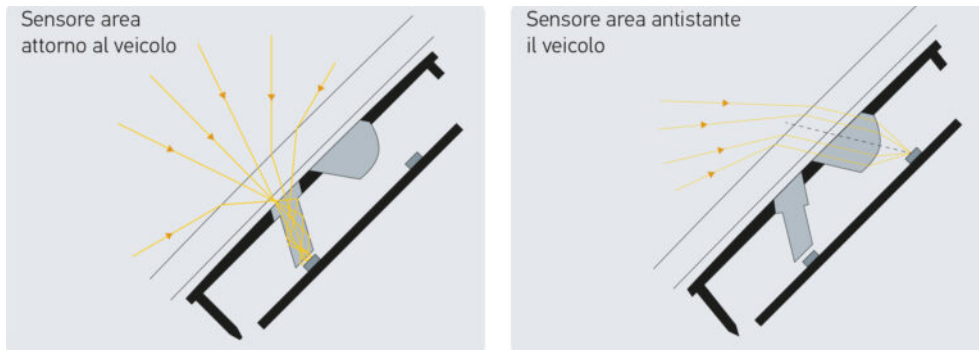


Figura 3.6: Si osserva come la luce va a sollecitare i due sensori

La maggior parte dei veicoli con questa funzione hanno un interruttore "Auto" per scegliere se far attivare automaticamente i tergicristalli e le luci in questo modo o meno.

3.9 Rilevatore di Stanchezza

Il *Rilevatore di Stanchezza* è un dispositivo elettrico sempre più diffuso che aiuta il guidatore a ricordare la necessità di una pausa dopo tante ore di viaggio. esse consiste in un un segnale acustico abbinato ad una scritta che compare sul display del cruscotto, invitando a fermarsi per una pausa (Fig. 3.8). E' soltanto un suggerimento, sia chiaro, e la vettura non condiziona il suo comportamento nel caso in cui l'autista proseguisse la marcia [42].



Figura 3.8: Esempio della scritta che appare sul display

Esistono due tipologie di rilevatore di stanchezza:

- Rilevatore di stanchezza a tempo: questo funziona in base al tempo di viaggio, ovvero il computer di bordo inizia a misurare il tempo nel momento in cui si avvia il motore calcolandolo fintanto che questo non viene spento. In realtà non viene misurata la stanchezza effettiva, ma viene emesso un segnale acustico e visivo in base a una supposizione. Il sistema ipotizza che un guidatore dopo 2 ore continuative di viaggio potrebbe essere stanco e perdere di concentrazione. Se fermate l'auto e spegnete il motore, il tempo del rilevatore si azzerà e ricalcola l'intervallo prefissato a partire dalla ripartenza.
- Rilevatore di stanchezza reale: in questo caso il meccanismo è ben più complesso e più tecnologico. Spesso, per funzionare al meglio, il sistema viene integrato all'interno di un pacchetto che prevede anche il segnalatore di cambio improvviso di carreggiata. Si basa su vari sensori che monitorano costantemente il volto del guidatore, analizzando il battito delle palpebre, le eventuali smorfie del viso interpretandole come possibili sbadigli, i cambi

improvvisi nella direzione senza che venga inserita la segnalazione luminosa. Attraverso l'interpretazione e la valutazione di questi segnali, o per meglio dire sintomi, il sistema comprende lo stato del guidatore e il suo grado di stanchezza. Questo tipo di analisi è più dinamica e più veritiera poiché si misura l'effettivo affaticamento, quindi il consiglio della sosta ha più senso e può avvenire anche prima delle due ore standard [43].

Capitolo 4

Grado di Attenzione e la Stanchezza del Guidatore

La sonnolenza alla guida è un grave problema per la sicurezza stradale, poiché essa genera un deterioramento delle prestazioni alla guida tra cui un maggior tempo di reazione e una perdita di concentrazione. Difatti la stanchezza alla guida è una delle cause degli incidenti più fatali. Secondo i dati provenienti da Australia, Inghilterra, Finlandia e altri Paesi europei la guida sonnolenta rappresenta dal 10% al 30% di tutti gli incidenti stradali [44]. Quindi, l'impatto della sonnolenza alla guida non è trascurabile ed è un problema da risolvere.

Tra le possibili soluzioni, vi è la progettazione e l'implementazione di un *Driver Monitoring System* (DMS) per rilevare la sonnolenza del conducente è un approccio che può essere probabilmente adottato in tutti i moderni veicoli già dotati di *Advanced Driver Assistance Systems* (ADAS) per migliorare sia la sicurezza che il comfort di guida.

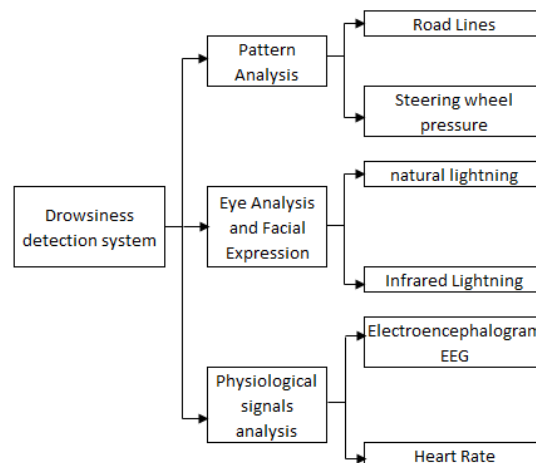


Figura 4.1: Un diagramma che illustra tutti i metodi per rilevare la stanchezza alla guida

In questo campo sono stati già fatti numerosi studi di ricerca e tra le tecniche comuni ci sono: il monitoraggio dello stato del veicolo, l'analisi del comportamento del conducente o dei segnali fisiologici del conducente [45].

4.1 Monitoraggio Stato del Veicolo

Questo metodo è basato sull'acquisizione di caratteristiche che provengono dal veicolo. Ogni conducente pienamente consapevole genera un modello dal proprio comportamento di guida; questo vale anche per i guidatori assennati, che formeranno un modello unico che può essere distinto da quello dei conducenti consapevoli. In questo modo si può sviluppare un algoritmo in grado di rilevare la stanchezza. Tuttavia non vi sono molte ricerche riguardanti questo metodo poiché, rispetto agli altri, è più difficile determinare quali sono le caratteristiche esatte[46].

Le proprietà estratte dal veicolo si distinguono in due categorie: *Standard Deviation of Lateral Position* (SDLP) e *Steering Wheel Movement* (SWM). La prima dipende dalle caratteristiche geometriche della strada, cioè dalla segnaletica stradale, dalle condizioni climatiche e di illuminazione. Tutte queste informazioni sono fornite dalle videocamere installate sul cofano dell'auto o sul paraurti anteriore, la quale registra il cambio di corsia fatto dal conducente. Va, inoltre, specificato che tali misure possono essere influenzati da altri fattori quali: la condizione della strada, il tipo di veicolo, altri stati del conducente, come la distrazione, e anche dall'esperienza del guidatore [47].

Il *Steering Wheel Movement* viene misurato utilizzando un sensore dell'angolo di sterzata montato sul piantone dello sterzo. Quando è sonnolento, il numero di micro-correzioni sul volante si riduce rispetto alla guida normale. Per eliminare l'effetto dei cambi di corsia, i ricercatori hanno considerato solo piccoli movimenti del volante, tra 0.5° e 5.0° , necessari per regolare la posizione laterale all'interno della corsia (Fig. 4.2).

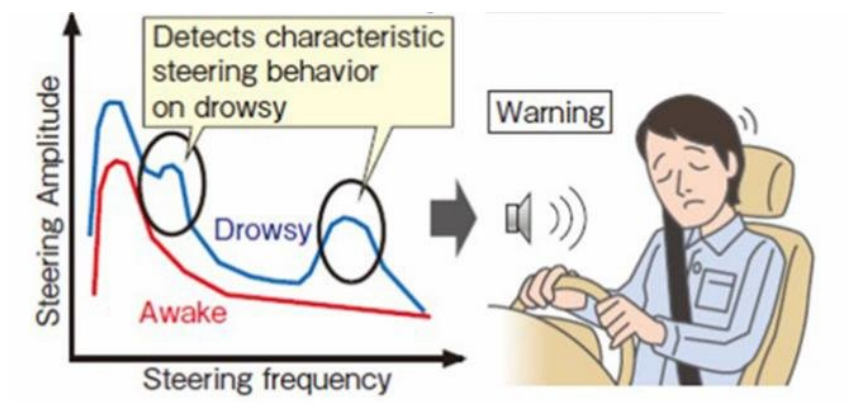


Figura 4.2: Mostra il rilevamento basato su *Steering Wheel Movement* (SWM)

I guidatori giudicano costantemente la situazione in anticipo e applicano piccole regolazioni dello sterzo per correggere piccoli dossi stradali e venti trasversali ruotando il volante a piccoli incrementi. Quindi, sulla base di piccole SWM, è possibile determinare lo stato di sonnolenza del conducente e quindi fornire un allarme se necessario.[48]

4.2 Analisi dei segnali fisiologici del conducente

L'approccio fisiologico offre un modo preciso di misurare la sonnolenza. Si basa sul fatto che i segnali fisiologici iniziano a cambiare nelle prime fasi di sonnolenza, il che potrebbe consentire a un potenziale sistema di rilevamento della sonnolenza del conducente di inviare in anticipo avvisi a un conducente sonnolento, prevenendo così incidenti stradali[49]. L'*Elettrocardiogramma* (ECG), l'*Elettroencefalogramma* (EEG), l'*Elettrooculogramma* (EOG), l'*Elettromiogramma* (EMG) e la *Fotoplethismografia* (PPG) possono essere utilizzati come segnali fisiologici. I segnali più utilizzati nei diversi studi sono: l'ECG e l'EEG.

Dal segnale ECG è possibile estrarre la frequenza cardiaca (HR), la quale può essere utilizzata per rilevare la sonnolenza, dato che varia significativamente tra stati di vigilanza e sonnolenza. Infatti, quando il conducente passa da un stato di allerta ad uno stato di sonnolenza, il rapporto tra bassa frequenza e battiti ad alta frequenza nel segnale ECG diminuisce progressivamente[47]. Mentre il segnale EEG ha varie bande di frequenza, tra cui il banda delta (0,5-4 Hz), che corrisponde all'attività del sonno, la banda theta (4-8 Hz), che è correlata alla sonnolenza, la banda alfa (8-13 Hz), che rappresenta il rilassamento e creatività, e la banda beta (13-25 Hz), che corrisponde alla vigilanza. Una diminuzione dei cambiamenti di potenza nella banda di frequenza alfa e un aumento del theta banda di frequenza indica sonnolenza.[48]

Un problema critico nella gestione dei segnali fisiologici è quello di eliminare il rumore e artefatti inevitabile in condizioni di guida ambiente reale. Dopo un filtraggio efficace, vengono utilizzate varie tecniche di estrazione delle caratteristiche come la *Trasformata di Fourier Veloce* (FFT) e la *Trasformata Wavelet Discreta* (DWT). Quindi, le proprietà estratte vengono classificate utilizzando *Support Vector Machine* (SVM), *Artificial Neural Networks* (ANN), *Linear Discriminant Analysis* (LDA).

Infine, è importante considerare che, sebbene la misurazione dei segnali fisiologici sia uno dei modi più affidabili per rilevare la sonnolenza, è molto intrusiva e difficilmente può essere impiegata in uno scenario di guida reale.[47]

4.3 Analisi del comportamento del conducente

L'approccio comportamentale consiste nel rilevare le caratteristiche visive del conducente utilizzando una telecamera. Le fonti di informazioni visive possono includere l'espressione facciale, il movimento degli occhi e il movimento della testa. Per quanto riguarda l'espressione facciale, diverse caratteristiche sono stati proposti per rilevare sonnolenza, quali rughe, mento, naso, labbra, pieghe naso-labiali, palpebre, occhi e sbadigli. I principali indicatori di sonnolenza che dipendono dal movimento delle palpebre sono:

- la durata del battito (in ms): definito come il periodo dall'inizio alla fine del battito. Quando l'occhino rimane chiuso per più di 0,5 secondi, si parla di micro sonno.
- la frequenza di battito: ovvero è il numero di battiti al minuto. qualsiasi aumento della frequenza dei battiti indica sonnolenza indotta poiché è difficile tenere gli occhi aperti in quello stato.
- PERCLOS: indica la proporzione di tempo in cui la palpebra blocca la pupilla (>70% o >80%) all'interno di una finestra mobile di 60 secondi. È uno dei criteri più ampiamente accettati nel campo della ricerca sul sonno.

La variazione di questi parametri con l'inizio della sonnolenza è molto soggettiva, dato che può variare a seconda del sesso, età, tipo di guidatore, guida diurna o notturna. Quindi è difficile trovare metriche oggettive per discriminare tra i diversi stati di sonnolenza[49].

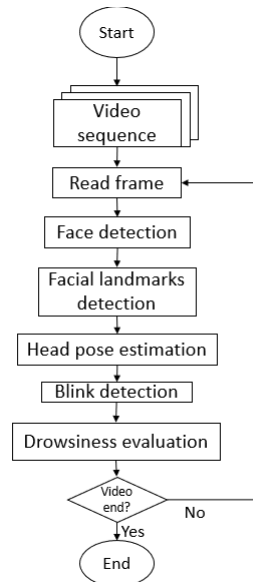


Figura 4.3: Mostra il flusso di lavoro

Si utilizza l'algoritmo di riconoscimento del volto, il quale si suddivide in diverse parti (Fig. 4.3). La prima è un video in tempo reale del viso del conducente, attraverso un sistema di telecamere; utilizzando alcune tecniche di elaborazione di immagini, il volto del guidatore viene rilevato in ogni frame di video. I punti di riferimento facciali sul viso del conducente sono localizzati utilizzando un predittore di forma e calcolando il rapporto di aspetto dell'occhio, di apertura della bocca e la frequenza di sbadiglio si riesce a rilevare la sonnolenza.[50]

Nel caso di rilevazioni di notte prima di mettere in atto l'algoritmo vi è un'ulteriore fase quella della pre-elaborazione nella quale vi è un miglioramento della qualità dell'immagine, aumentandone il contrasto con la cornice.

Per localizzare i punti chiave della regione del viso, viene utilizzato un rilevatore facciale pre-addestrato incluso nella libreria dlib, che stima 68 (x, y)-coordinate che identificano le regioni caratteristiche della faccia (Fig. 4.4).

Questo modello si basa Istogramma delle caratteristiche di *Oriented Gradients* (HOG) e supporto Macchina vettoriale (SVM)[49].I descrittori HOG contengono varie caratteristiche dell'immagine come gradienti di intensità o bordo istruzioni. Quei descrittori ottenuti con l'ausilio della divisione dell'immagine in piccole regioni collegate tra loro, chiamate celle. Per ogni cella, si calcola separatamente un istogramma di gradiente e l'insieme di tali istogrammi rappresenta il descrittore. Quest'ultimi vengono classificati attraverso il classificatore lineare SVM[50].

Questo *face detector* funziona molto bene per le facce frontali e leggermente non frontali. Se la faccia è identificata nell'immagine, il *face detector* restituisce la Regione di interesse (ROI) per la faccia (cioè, le coordinate (x, y) di un riquadro di contorno intorno al volto nell'immagine). Per localizzare le regioni del volto all'interno delle immagini, si è utilizzato il rilevatore di punti pre-addestrato che permette di identificare ed etichettare la bocca, il sopracciglia, gli occhi, il naso e la mascella [49].

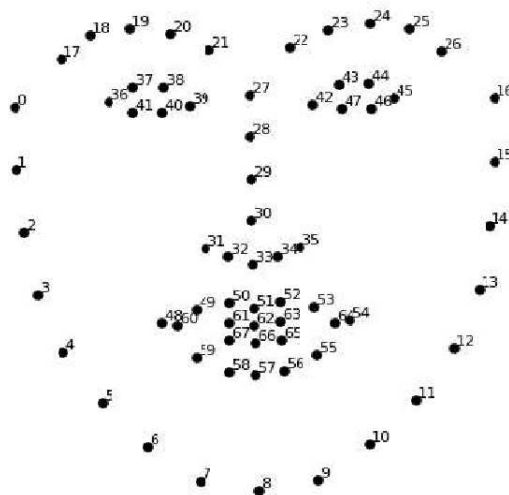


Figura 4.4: Punti di riferimento facciali

Gli occhi sono la parte più importante del viso per rilevare distrazione o sonnolenza. Quindi si calcola il *Eye Aspect Ratio* (EAR) così da avere più informazione possibili[49]. Ogni occhio è rappresentato da sei coordinate (x,y) e la EAR è una relazione tra la larghezza e l'altezza di queste coordinate, cioè,

$$EAR_i = \frac{(|P_2 - P_6| + |P_3 - P_5|)}{|P_1 - P_4|}$$

Questa formula serve a calcolare EAR, rispettivamente, dell'occhio destro e dell'occhio sinistro. Il calcolo totale EAR è molto semplice:

$$EAR_{tot} = \frac{EAR_l + EAR_r}{2}$$

Per valutare il grado di sonnolenza, come detto in precedenza, si può considerare anche la frequenza degli sbadigli. Infatti si prendono i sei punti di riferimento che riguardano la bocca (Fig. 4.5) e si calcola il rapporto di apertura di quest'ultima.

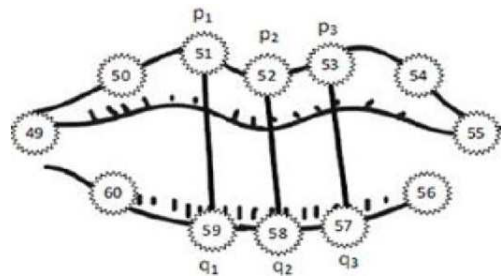


Figura 4.5: Punti di riferimento della bocca

Simile al calcolo fatto in precedenza, il *Mouth Opening Ratio* (MOR) si calcola così:

$$MOR = \frac{|P_{51} - P_{59}| + |P_{52} - P_{58}| + |P_{53} - P_{57}|}{|P_{49} - P_{55}|}$$

Se EAR è inferiore a una soglia predefinita fissa (0,3) allora l'occhio è in stato chiuso. Analogamente, se MOR è maggiore di un predefinito fissa soglia (0.6), vi è uno sbadiglio e si incrementa una variabile contatore Y_N . Ogni volta che uno sbadiglio viene identificato, si calcola la frequenza di sbadiglio che è pari a:

$$YF = \frac{Y_N}{T}$$

Se il numero di fotogrammi continui in cui l'occhio è chiuso e YF è superiore alla soglia prestabilita, ovvero 48 fotogrammi e 6 sbadigli rispettivamente, il conducente è in stato di sonnolenza e dare un allarme [50].

Capitolo 5

Conclusioni

Tra gli algoritmi visti nei capitoli precedenti possiamo notare che quello che si basa sul monitoraggio del veicolo non è molto attendibile considerando le innumerevoli variabili che si possono presentare durante la guida. Per quanto riguarda la tecnica basata sull'analisi dei segnali fisiologici tra tutte quelle viste è quella più accurata ma la poca comodità e praticità dei sensori sono un forte ostacolo; tuttavia negli ultimi anni molti ricercatori si stanno interessando a questo metodo, cercando di renderlo meno invasivo, attraverso l'utilizzo di sensori sul sedile direttamente collegati con lo smart-phone. Infine l'ultima tecnica è quella più utilizzata, proprio grazie alla sua natura non intrusiva. Anche questa ha ancora bisogno di migliorie ma tra tutte e tre la si può considerare la migliore valutando sia comodità che prestazioni.

Un'applicazione reale di questa tecnica la possiamo ritrovare sui furgoni di consegna di Amazon. Ovvero l'azienda dai primi mesi del 2021 ha dotato ogni furgone di sensori e telecamere implementati da *Machine Learning*, per monitorare e controllare i propri lavoratori in nome dell'efficienza e della sicurezza. Grazie a questa tecnologia si è riscontrato una diminuzione del 48% di incidenti, del 20% delle violazioni dei segnali di stop, del 60% della guida senza cintura di sicurezza e del 45% della guida distratta [51].

Bibliografia

- [1] Istat. Incidenti stradali. 2020.
- [2] <https://www.cercassicurazioni.it/news-assicurazioni/incidenti-stradali-2021-meno-vittime-rispetto-al-periodo-pre-covid-00034072.html>.
- [3] <https://www.oracle.com/it/artificial-intelligence/what-is-ai/>.
- [4] <https://www.bigdata-lab.it/2edizione/corsi/artificial-intelligence-machine-learning/>.
- [5] https://blog.osservatori.net/it_it/storia-intelligenza-artificiale?hsLang=it-it.
- [6] https://www.ai4business.it/intelligenza-artificiale/intelligenza-artificiale-cose/#La_storia_dell8217intelligenza_artificiale_dalle_reti_neurali_degli_anni_50_a_oggi.
- [7] <https://www.zerounoweb.it/analytics/cognitive-computing/cosa-intelligenza-artificiale/>.
- [8] A.M. Turing. Computing machinery and intelligence. *Mind*, 1950.
- [9] <https://www.andreaminini.com/ai/test-di-turing/>.
- [10] John R. Searle. Behavioral and brain sciences. *Cambridge University Press*, 3:417 – 424, 1980.
- [11] <https://course.elementsofai.com/it/1/3>.
- [12] https://www.intelligenzaartificiale.it/intelligenza-artificiale-forse-e-debole/#L8217intelligenza_Artificiale_forse_e_debole.
- [13] <https://www.intelligenzaartificialeitalia.net/post/intelligenza-artificiale-debole-e-forse>.

- [14] <https://www.flyip.it/intelligenza-artificiale-forte-e-debole-le-differenze/>.
- [15] https://www.intelligenzaartificiale.it/#Machine_Learning_18217apprendimento_automatico.
- [16] <https://www.ai4business.it/intelligenza-artificiale/supervised-learning-cose-esempi-di-apprendimento-supervisionato/>.
- [17] <https://datascience.eu/it/apprendimento-automatico/apprendimento-non-supervisionato-della-macchina/>.
- [18] <https://www.andreaminini.com/ai/machine-learning/apprendimento-senza-supervisione>.
- [19] <https://www.ionos.it/digitalguide/online-marketing/marketing-sui-motori-di-ricerca/reinforcement-learning/>.
- [20] <https://www.andreaminini.com/ai/machine-learning/apprendimento-con-rinforzo>.
- [21] G. Hinton Y. LeCun, Y. Bengio. Deep learning. *Nature*, 2015.
- [22] <http://www.umbertosantucci.it/atlante/deep-learning/>.
- [23] C. Mattiussi D. Floreano. *Manuale sulle Reti Neurali*. Il Mulino, 2002.
- [24] <https://www.ai4business.it/intelligenza-artificiale/deep-learning/reti-neurali/>.
- [25] W. Pitts W.S. McCulloch. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 1943.
- [26] <http://www.intelligenzaartificiale.it/reti-neurali/>.
- [27] <https://www.zerounoweb.it/analytics/cognitive-computing/reti-neurali-artificiali-quando-lit-si-ispira-al-cervello-biologico/1>.
- [28] <https://www.domsoria.com/2019/11/rnn-recurrent-neural-network/>.
- [29] <https://www.spindox.it/it/blog/reti-neurali-convoluzionali-il-deep-learning-ispirato-alla-corteccia-visiva/>.
- [30] Rahul Kala. Advanced driver assistance systems. *Butterworth-Heinemann*, pages 59–82, 2016.
- [31] <https://www.dealerlink.it/cruise-control-adattivo-come-funziona-caratteristiche-principali/>.

- [32] <https://www.leaseplan.com/it-it/news-auto/conducenti/frenata-assistita/>.
- [33] <https://www.autoaspillo.com/frenata-assistita-a-cosa-serve/>.
- [34] Roberta Russo Francesco Bella. A collision warning system for rear-end collision: a driving simulator study. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, pages 676–686, 2011.
- [35] <http://motori.quotidiano.net/comefare/sensori-angolo-cieco-cosa-sapere.htm/>.
- [36] <https://it.motor1.com/news/220720/allerta-cambio-corsia-cose-e-come-funziona/>.
- [37] <https://it.motor1.com/news/220873/auto-come-funziona-il-sistema-di-assistenza-al-mantenimento-della-corsia/>.
- [38] <https://www.motori.it/glossario/parking-assistant>.
- [39] <https://www.autotecnica.org/hella-come-funzionano-i-sensori-rainlight/>.
- [40] <https://www.fleetmagazine.com/come-funziona-sensore-pioggia-crepuscolare-auto/>.
- [41] <https://www.dealerlink.it/tecnologia-traffic-sign-recognition-come-funziona/>.
- [42] <https://www.avvenire.it/economia/pagine/rilevatore-di-stanchezza-in-auto-cos-e-e-come-funziona>.
- [43] <https://www.brumbrum.it/blog/rilevatore-di-stanchezza/6959/>.
- [44] A.M. Anwaar A. Sohail A. Khan M.F. Shakeel, N.A. Bajwa and H. ur Rashid. Detecting driver drowsiness in real time through deep learning based object detection. *Advances in Computational Intelligence*, page 283–296, 2019.
- [45] K. Sundaraj A. Sahayadhas and M. M. Detecting driver drowsiness based on sensors: A review. *Sensors (Basel, Switzerland)*, pages 16937–16953, 2012.
- [46] I. Ardiyanto B. G. Pratama and T. B. Adji. A review on driver drowsiness based on image, bio-signal and driver behavior. *2017 3rd International Conference on Science and Technology - Computer (ICST)*, page 70–75, 2017.

-
- [47] Hang-Bong Kang. Various approaches for driver and driving behavior monitoring: A review. *2013 IEEE International Conference on Computer Vision Workshops*, pages 616–623, 2013.
- [48] Vandna Saini and Rekha Saini. Driver drowsiness detection system and techniques : A review. *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, pages 4245–4249, 2014.
- [49] G.B. Fioccola e E. Landolfi G. Salzillo, C. Natale. Evaluation of driver drowsiness based on real-time face analysis. *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, 2020.
- [50] Vidhu Valsan A, Paul P Mathai, and Ierin Babu. Monitoring driver’s drowsiness status at night based on computer vision. *2021 International Conference on Computing, Communication, and Intelligent Systems (ICCCIS)*, pages 989–993, 2021.
- [51] <https://www.theverge.com/2021/3/24/22347945/amazon-delivery-drivers-ai-surveillance-cameras-vans-consent-form>.

Elenco delle figure

2.1	Rappresentazione della prima fase del <i>Test di Turing</i>	8
2.2	Rappresentazione della seconda fase del <i>Test di Turing</i>	9
2.3	Illustrazione dell'esperimento della <i>Stanza Cinese</i>	10
2.4	Rappresentazione grafica della divisione dell'automazione	11
2.5	Rappresentazione grafica della <i>Classificazione</i>	14
2.6	Rappresentazione grafica della <i>Regressione</i>	14
2.7	Rappresentazione grafica dell' <i>Apprendimento con Rinforzo</i>	16
2.8	Rappresentazione di una Rete Neuronale Multistrato	17
2.9	Rappresentazione di una Rete Neurale	18
2.10	Struttura del Percettrone di <i>Rosenblatt</i>	19
2.11	Rete Neuronale Ricorrente	20
2.12	Esempio di una rete con numerosi layer convoluzionali. A ciascuna immagine di addestramento vengono applicati dei filtri a diverse risoluzioni e l'output di ciascuna immagine convoluta viene utilizzato come input per il layer successivo.	21
3.1	Rappresentazione di tutti i dispositivi ADAS presenti nelle auto . .	23
3.2	Rappresentazione grafica dell'avviso collisione	25
3.3	Rappresentazione grafica dell' <i>Blind Spot Assist</i>	26
3.4	Rappresentazione grafica dell' <i>Lane Keep Assist</i>	27
3.5	Il fenomeno della variazione di riflessione quando il vetro è bagnato	29
3.6	Si osserva come la luce va a sollecitare i due sensori	30
3.7	Rappresentazione grafica del <i>Traffic Sign Recognition</i>	31
3.8	Esempio della scritta che appare sul display	32
4.1	Un diagramma che illustra tutti i metodi per rilevare la stanchezza alla guida	34
4.2	Mostra il rilevamento basato su <i>Steering Wheel Movement (SWM)</i>	35
4.3	Mostra il flusso di lavoro	37
4.4	Punti di riferimento facciali	38
4.5	Punti di riferimento della bocca	39

Ringraziamenti

Innanzitutto ringrazio il mio relatore *Adriano Mancini* che mi ha seguita con la Sua infinita disponibilità in questi mesi dandomi suggerimenti e preziose indicazioni per la stesura di questo lavoro di tesi.