



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SALERNO

Dipartimento di Informatica

Corso di Laurea Triennale in Informatica

TESI DI LAUREA

Self-driving cars: Problemi, sfide e opportunità

RELATORE

Prof. Fabio Palomba

Università degli studi di Salerno

CANDIDATO

Antonio Trapanese

Matricola: 0512109673

Anno Accademico 2022-2023

Sommario

La società odierna è sempre meno pronta ad accogliere gli sviluppi di un sempre più rapido evolversi del mondo delle auto a guida autonoma.

Questo non essere pronti al cambiamento sta provocando danni irreparabili danni all'ecosistema del pianeta Terra, perchè viaggiare con auto termiche danneggia non poco il pianeta, specialmente se queste auto sono datate o utilizzano motori e tecnologie vecchie.

Nel presente lavoro si cerca di mostrare quelle che sono le caratteristiche che deve avere una città smart e su quali punti bisogna investire tempo e risorse per rendere green la mobilità urbana, non trascurando però lo strumento più importante che è l'intelligenza artificiale, grazie alla quale si possono domotizzare e automatizzare i veicoli.

Tutti i problemi evidenziati nel corso dell'elaborato verranno analizzati e siccome non sono problemi irrisolvibili da questi problemi nasceranno delle sfide che se vinte nel corso del tempo porteranno a delle opportunità che non sono da sottovalutare.

Indice	ii
Elenco delle figure	iv
1 Introduzione	1
1.1 Contesto applicativo	1
1.2 Motivazioni e Obiettivi	2
1.3 Risultati ottenuti	2
1.4 Struttura della tesi	3
2 Background	4
2.1 La mobilità Green	4
2.1.1 Inquinamento delle auto	4
2.1.2 Smart-city e trasporti intelligenti	5
2.1.3 Architettura dei trasporti pubblici smart	7
2.1.4 Auto elettriche e l'inquinamento	7
2.1.5 Auto elettriche ed i loro problemi	8
2.1.6 Le smart roads in Italia	9
2.2 ADAS	10
2.2.1 Livelli di guida autonoma	10
2.2.2 Sensori essenziali per gli ADAS	12
2.2.3 IA in ADAS	13
2.2.4 Panoarmica sul Deep Learning	13

2.2.5	Deep Learning applicato al riconoscimento dei segnali	14
2.2.6	Panoramica sui C.N.N. algoritmi	14
2.2.7	C.N.N. algoritmi per riconoscere gli oggetti e ostacoli	15
2.2.8	CNN algoritmi per il riconoscimento dei pedoni	17
3	Obiettivi dello Studio e Metodologia	18
3.1	Obiettivi	18
3.2	Metodologia	18
3.2.1	Metodologia per la raccolta informazioni	18
4	Risultati dello studio	21
4.1	Problemi	21
4.2	Trolley problem	21
4.3	Auto a guida autonoma ed i problemi con gli ingegneri	23
4.4	La mobilità green ed i suoi problemi	23
4.5	Le sfide di un mondo ancora acerbo	24
4.6	Le opportunità di un'auto autonoma	26
5	Conclusioni	28
	Ringraziamenti	32

Elenco delle figure

2.1	Emissioni prodotte dai trasporti	5
2.2	Emissioni nell' UE	6
2.3	Modulo trasmissione dati bus	8
2.4	Livelli protocollo ADAS	11
2.5	Analisi segnali stradali	15
2.6	Livelli di analisi dell' ambiente	16
4.1	Trolley problem in un contesto stradale	22
4.2	Esempio di città con connessione V2X	25

1.1 Contesto applicativo

Nel seguente documento verranno analizzate le self-driving-cars ovvero le auto a guida autonoma che tramite definizione della UE possiamo dire che sono: "Veicolo autonomo che utilizza le tecnologie digitali per assistere il guidatore in modo che tutte, o parte, delle funzioni di guida possano essere trasferite a un sistema computerizzato".

Questo nuovo tipo di mobilità potrebbe andare a ridefinire completamente gli standard di viaggio e la concezione stessa di viaggio, specialmente se queste auto autonome sono elettriche, poichè l'unione di IA e mobilità elettrica potrebbe essere da fondamenta per un significativo sviluppo delle infrastrutture per permettere a questi nuovi veicoli di poter circolare sotto le migliori condizioni possibili.

Il rapido sviluppo di queste tecnologie che nei prossimi 10 anni porterebbero essere alla portata di tutti, non lascia indifferenti, visto il fatto che comunque non si può restare indietro e non conoscere le tecnologie con le quali ci interfaceremo ogni giorno.

Il nucleo di queste auto a guida autonoma è un insieme di sensori e attuatori detti ADAS (Advanced Driving Assistance System) che coordinati da una IA che raccimola ed elabora le informazioni fornite da questi sensori, permette all'auto di poter circolare autonomamente sulle strade, senza creare pericolo per i passeggeri e gli altri utenti della strada. Il funzionamento di tali sistemi è fondamentale per lo sviluppo del settore automotive ed è altrettanto interessante come vari algoritmi e vari tipi di sensori lavorino insieme, considerando anche

l'eterogeneità dei sistemi è le diverse politiche che le case automobilistiche hanno.

Nella stesura di questo lavoro sono stati analizzati paper con dei topic affini al lavoro svolto per trarre informazioni utili a divulgare i concetti fondamentali che vanno compresi per poter far avanzare lo sviluppo di tutte quelle tecnologie che a 360° compongono il mondo delle auto a guida autonoma.

1.2 Motivazioni e Obiettivi

Il motivo per il quale viene svolto questo lavoro è quello di informare e sensibilizzare il lettore ad una maggiore sensibilità verso le tematiche che riguardano l'ambiente ed il muoversi in modo green, visto il sempre più rapido degradarsi del ecosistema del nostro pianeta e la sempre più non curanza delle generazioni più anziane e di una politica che tende a rimandare sempre le scadenze.

L'obiettivo è quello di fornire al lettore la consapevolezza di ciò che accadrà in futuro per non farlo trovare impreparato e di stimolare la sua curiosità verso l'interesse ai passi avanti compiuti dalla scienza e dall'ingegneria, per poi spingere il lettore ad essere attivo nel rispettare l'ambiente con le accortezze che ognuno può prendere e spingerlo ad abbracciare il prima possibile il cambiamento e diffonderlo.

1.3 Risultati ottenuti

In questo lavoro si raccolgono tutte quelle informazioni pubblicate sui più noti motori di ricerca scientifici come IEEExplore o GoogleScholar.

Tutti i paper citati hanno superato tutti un processo di selezione iniziato con la costruzione di una query di ricerca, inserita poi sul motore di ricerca che genera dei risultati. Tutti i risultati di una tale query se esigui venivano analizzati uno alla volta con una valutazione della pertinenza riguardo gli argomenti esposti, se il numero di risultati era alto si guidicava la pertinenza dal titolo e dalla lettura del suo abstract.

Tutte le query di ricerca effettuate venivano salvate in un file excel in una entry specifica linkata ad un altro foglio excell che conteneva i dati di tutti i documenti risultanti da quella ricerca, le quali entry venivano contrassegnate in giallo se il contenuto era pertinente alla ricerca o rosso qualora non lo fosse per nulla.

1.4 Struttura della tesi

La seguente è composta da cinque capitoli.

Nel primo capitolo vengono trattate tutti quegli argomenti fondamentali da comprendere per comprendere a pieno cosa viene inteso per mobilità green e quali sono le condizioni infrastrutturali che devono verificarsi per arrivare ad avere una mobilità pienamente sostenibile nella prima parte di capitolo.

Nella seconda parte verranno mostrati i sistemi ADAS andandoli ad analizzare, mostrando i livelli da cui sono composti e l'IA che permette loro di funzionare e interagire con il mondo esterno.

Nel terzo capitolo verrà mostrato nello specifico quale è stato il lavoro di raccolta informazioni utili e di categorizzazione delle stesse per identificare quelle fossero pertinenti ed utili alla stesura di tale tesi.

Nel quarto capitolo verranno mostrati i risultati ottenuti da tale studio, in termini di problemi, sfide ed opportunità.

Il lavoro si conclude poi con le considerazioni ed i pensieri sorti durante la stesura di tale lavoro.

2.1 La mobilità Green

L'inquinamento che i veicoli termici producono con il loro semplice circolare per le strade cittadine è circa il 71,7% delle emissioni di CO₂ nell'aria nel 2019, nello specifico di questa percentuale, il 60,6% è prodotto dalle automobili, è importante precisare che dal 1990 al 2017 le auto avevano registrato un leggero miglioramento delle emissioni, ma con le auto immatricolate nell'anno 2018 si è notato che seppur si sono evolute le tecnologie, le auto hanno continuato ad emettere sempre più biossido di carbonio nell'aria, con una maggiorazione dello 0.4 grammi di CO₂ rispetto al 2017 e di conseguenza hanno affermato sempre di più il loro ruolo di principale causa della creazione dell'effetto serra.

2.1.1 Inquinamento delle auto

L'Unione Europea sta varando una serie di norme e regolamenti con l'intento di arrivare al 2050 con una riduzione del 90% delle emissioni di CO₂ rispetto al 1990, poiché le condizioni del ecosistema del nostro pianeta sono sempre più critiche, nello specifico si sta spingendo molto sul settore del trasporto su gomma e sulla produzione di auto elettriche.

Questi due settori sono il punto di partenza per iniziare a migliorare la mobilità, rendendola sostenibile a livello ambientale, con l'utilizzo di sempre più veicoli elettrici, visto che nel 2020 l'11% delle immatricolazioni era di veicoli elettrici, segno che anche i cittadini e le aziende

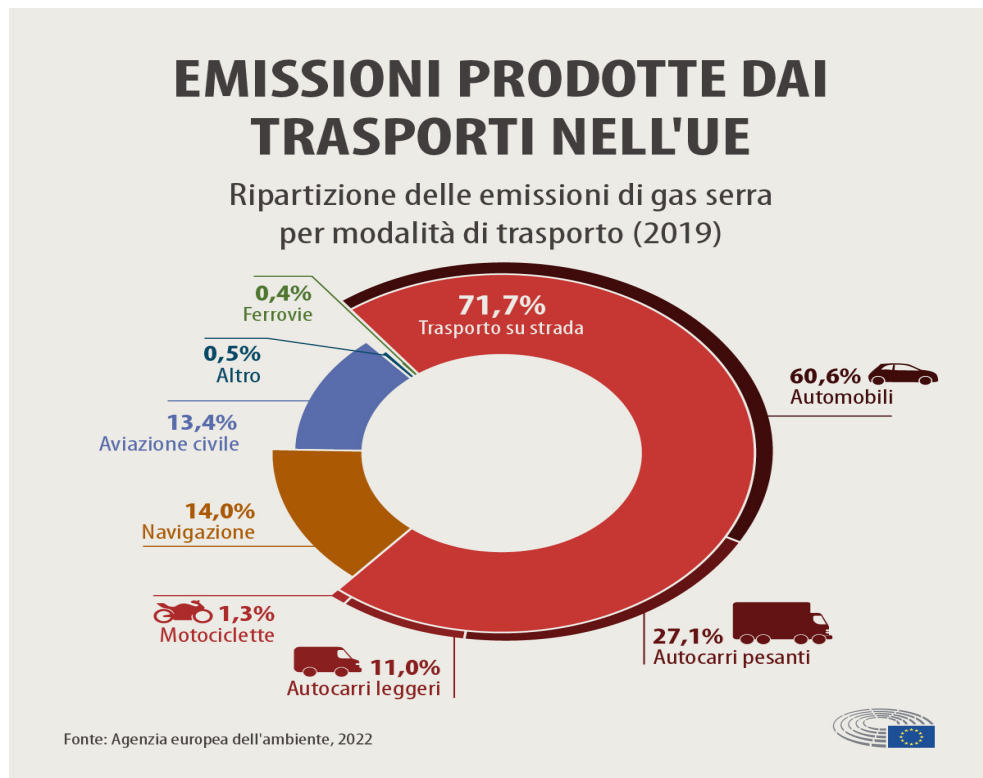
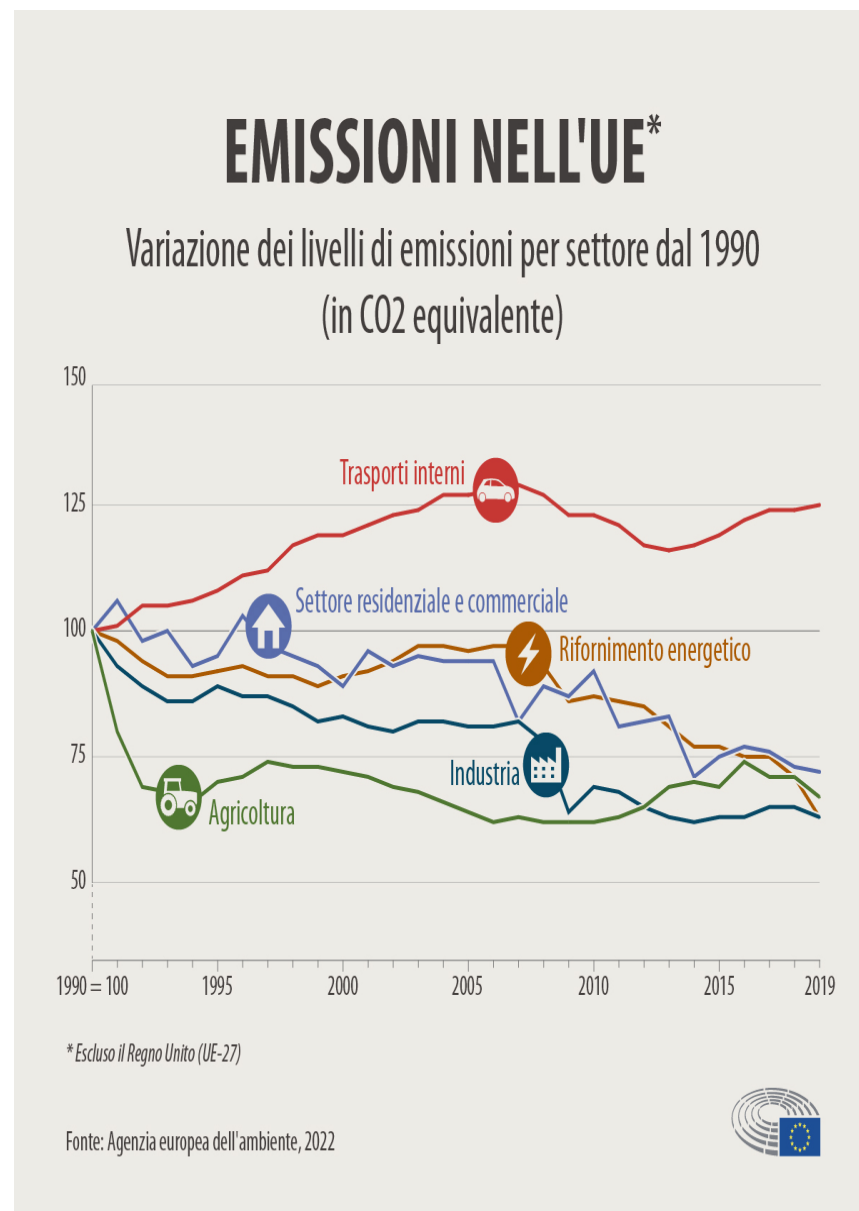


Figura 2.1: Emissioni prodotte dai trasporti

si stanno avvicinando sempre di più e coscientemente a questi nuovi mezzi di trasporto pubblico e privato. Allo stesso modo i cittadini si stanno adattando a queste normative non solo acquistando auto elettriche, ma anche utilizzando servizi di car-sharing che nel suo piccolo, insieme a nuovi metodi di mobilità urbana come monopattini elettrici o biciclette, stanno dando nel loro piccolo un aiuto concreto all'abbassamento delle emissioni[1].

2.1.2 Smart-city e trasporti intelligenti

Una città per essere definita smart deve essere costruita seguendo degli obiettivi fondamentali che mettono al centro il cittadino ed il suo benessere incrementando l'efficienza dei

**Figura 2.2:** Emissioni nell' UE

servizi primari di cui gli utenti necessitano, un servizio fondamentale è quello del trasporto pubblico che ha anche un grande peso a livello di inquinamento.

Se il servizio è di buon livello, molti lavoratori evitano di prendere la propria auto personale e di conseguenza si genera un effetto a catena che come primo effetto porta quello di diminuire il traffico ed il congestionamento delle strade, e poi il minor flusso di auto a sua volta genera una diminuzione considerevole di CO₂, che viene poi totalmente azzerata se i mezzi sono elettrici, che siano su gomma o su rotaie.

I punti di forza che hanno questi trasporti pubblici smart oltre che derivare da uno sviluppo avanzato delle infrastrutture fisiche derivano anche dallo sviluppo tecnologico dei mezzi, perché con la semplice integrazione di un sensore GPS che permette di tracciare in tempo reale il percorso del mezzo e quindi mettere in condizione i cittadini di poter gestire al meglio il loro tempo.

2.1.3 Architettura dei trasporti pubblici smart

L'architettura è formata da tre macro blocchi fondamentali che incorporano in loro le ultime tecnologie e sono:

Modulo di traferimento bus: Esso è composto da un modulo GPS, da una scheda Raspberry Pi ed un modulo GSM.

Il flusso di informazioni parte dal sensore GPS che invia la posizione in tempo reale dell'autobus alla scheda Raspberry Pi che processa i dati e poi tramite altri sensori come le telecamere è capace di rilevare anche i posti liberi per fornire quante più informazioni possibili agli utenti. Tutti questi dati poi vengono inviati tramite connessione WiFi al modulo di controllo bus.

Modulo di controllo bus: Questo modulo si occupa di ricevere le informazioni dal modulo di trasferimento dati, quindi dati di navigazione ed occupazione dei posti a bordo, per poi inviarli ad un'applicazione che tramite apposita UI permette a tutti gli utenti di poter consultare facilmente le informazioni ricevute da bus.

Modulo di servizio passeggeri: Questo modulo si basa sul dispositivo fisico del utente che tramite un'apposita applicazione fornita dal gestore del servizio permette di avere tutte le informazioni fondamentali di cui l'utente ha bisogno e facilmente raggiungibili tramite un'apposita interfaccia utente. E per avere accesso a tutte queste informazioni è necessaria solo una connessione ad internet[2].

2.1.4 Auto elettriche e l'inquinamento

Per definire se un'auto consuma meno di un'altra non bisogna solo osservare i valori delle emissioni della singola macchina ma anche quanto è inquinante il processo che ne permette la costruzione, quindi non è del tutto vero che le auto elettriche non inquinano, ma tenendo

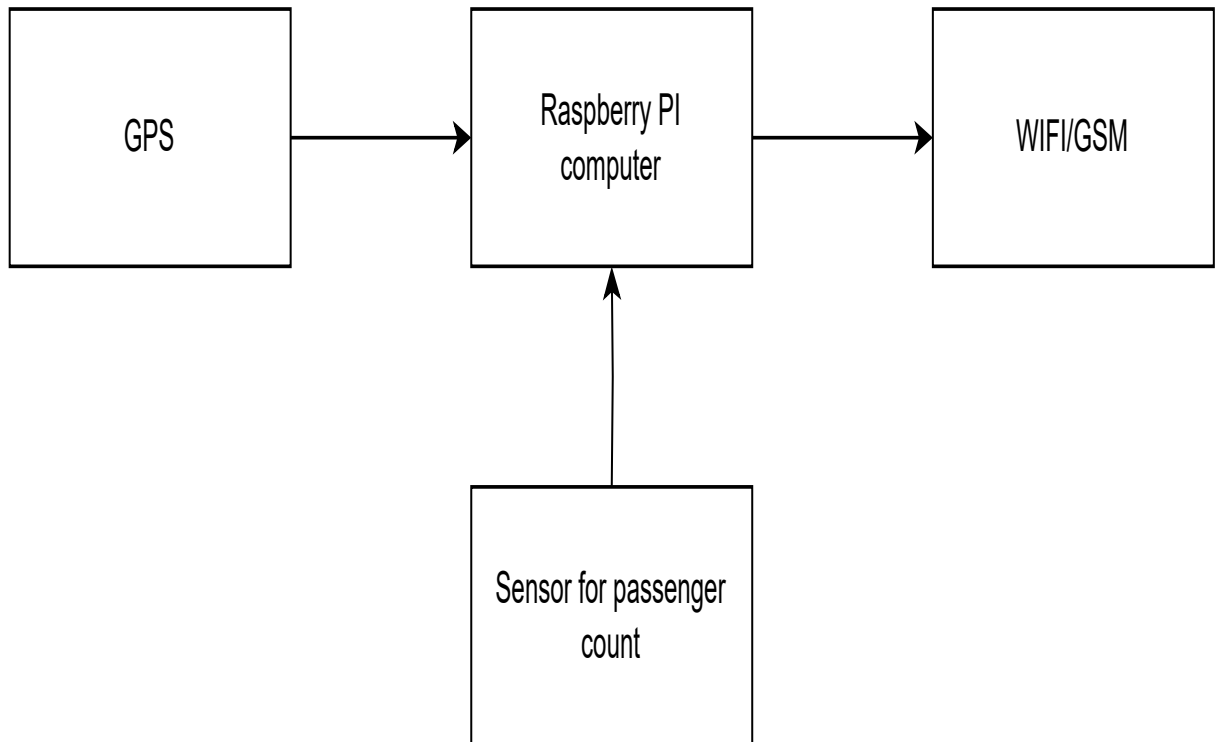


Figura 2.3: Modulo trasmissione dati bus

conto delle emissioni prodotte in fase di fabbricazione dell'auto e nelle fasi di smaltimento, queste comunque vengono battute da quelle di un'auto termica.

Il problema fondamentale che le auto elettriche hanno portato alla luce sono quelle che le tecnologie attuali delle batterie non permettono loro di essere smaltite facilmente poiché i materiali con cui sono prodotte impiegano molto tempo per essere smaltiti, per ovviare a questo problema si sta spingendo molto sulla ricerca sia dal lato dello smaltimento che nel ingegnerizzare nuove tecnologie per la produzione di batterie che poi possano permettere alle batterie di essere smaltite facilmente o riutilizzate per far abbassare anche il livello di produzione di rifiuti.

2.1.5 Auto elettriche ed i loro problemi

Un altro problema che affligge le auto elettriche è quello che rispetto ad un'auto termica, una elettrica non è capace di ricoprire la stessa distanza, e questa differenza la si nota maggiormente in fase di rifornimento perché in circa tre minuti un'auto termica raggiunge il pieno del serbatoio ed è pronta a ripartire, mentre un'auto elettrica impiega circa venti minuti per caricarsi completamente se vengono utilizzate le colonnine più rapide.

Inoltre le batterie delle auto sono soggette anche a molti altri fattori che possono peggiorarne o migliorarne le prestazioni in base anche al clima o alle semplici situazioni di traffico cittadino, e queste variabili possono anche danneggiare gli algoritmi che predicono i chilometri che l'auto può percorrere e danneggiano come diretta conseguenza anche gli automobilisti che devono ogni volta rivedere il percorso da seguire e rivedere quasi continuamente la loro tabella di viaggio, riprogrammando le loro soste per la ricarica della batteria dell'auto.

2.1.6 Le smart roads in Italia

Autostrade per l'Italia ha recentemente avviato un progetto molto ambizioso riguardo lo sviluppo di nuovi sistemi per rendere connesse tutte le auto che circolano sui tratti di loro competenza, avviando un vero e proprio progetto denominato "Mercury".

"Mercury" è un progetto molto ambizioso che si compone di vari cluster tematici, di cui i più importanti sono quelli di realizzare vere e proprie strade intelligenti con lo scopo di connettere fra di loro tutti i veicoli, facendoli comunicare tra di loro, in modo che ogni problema, incidente o cantiere in corso siano segnalati a tutti i veicoli in transito sul quel tratto di strada.

ANAS è già riuscita in una parziale implementazione di questo tipo di strada, nello specifico è stata scelta la SS21 Alemagna da Milano a Cortina, sul cui tratto sono stati installati dei particolari pali attrezzati con opportuni sensori per il rilevamento dei veicoli in transito, che in caso di incidenti o di problemi, avvisano i conducenti dei veicoli in circolo su quella porzione di strada del verificarsi di questi problemi casuali, in modo che essi prima di tutto siano informati e per dar loro la possibilità di non trovarsi impreparati o distratti, evitando altri danni o la creazione di code dovute ai disagi provocati da questi problemi imprevisti[3]. La connessione fra le auto ha anche un importante altro scopo, che è quello di ridurre sensibilmente la possibilità che ci siano degli incidenti tra veicoli, abbassando di molto il rischio di morti. Questo perché avendo un'infrastruttura e delle auto intelligenti, stesso le auto possono mettersi fra di loro per gestire una precedenza o l'immissione delle auto dalle corsie di accelerazione a quelle di marcia, punti che molto spesso sono critici per tanti fattori, di cui uno su tutti la scarsa visibilità.

Un altro punto molto importante del progetto Mercury è quello della sensibilità alle auto elettriche, che sostituiranno sempre più velocemente le auto termiche, installando su tutti i tratti di competenza delle apposite reti di ricarica, detti "charging point" ad alta potenza in modo da ridurre al minimo i tempi di sosta per fare rifornimento di energia,

Un particolare molto importante riguarda come viene prodotta questa energia, infatti fa parte del piano anche la creazione di distese di pannelli solari con lo scopo di arrivare a produrre più di 300 megawhatt per poter rendere effettivamente ad impatto 0 l'intero ciclo di ricarica delle auto [4].

2.2 ADAS

Il primo concetto di auto a guida autonoma è stato introdotto nel 1920, quando su di un'auto è stato montato un computer e veniva comandata a distanza durante un esperimento volto a dimostrare la potenza delle onde radio. Il primo concept fu creato nel 1964 presentato alla New York World's Fair con il nome di General Motors Firebird IV, invece il primo veicolo a guida autonoma controllato da un computer fu creato nella metà del 1980 da parte della Carnegie Mellon University (CMU) con il nome di Navlab-1 ed era capace di schivare ostacoli e di spostarsi da sola da un punto A ad un punto B.

L'UE a fronte dello sviluppo sempre più rapido di queste tecnologie ha dato la sua definizione di "auto a guida autonoma", ed è la seguente: "Veicolo autonomo che utilizza le tecnologie digitali per assistere il guidatore in modo che tutte, o parte, delle funzioni di guida possano essere trasferite a un sistema computerizzato". Analizzando la definizione fornita dal UE possiamo dedurre che per rendere un veicolo autonomo c'è bisogno di un elaborato sistema di sensori che riescono a catturare tutte le informazioni vitali da dare in input agli algoritmi di intelligenza artificiale che poi prenderanno le decisioni per far sì che l'auto sia effettivamente autonoma e capace di rispettare tutti gli standard di una guida confortevole (velocità, consumi, sicurezza, tempo impiegato, ecc.)[5].

Molto importante da specificare è che le auto a guida autonoma non sono tutte uguali, ma esse in base al loro livello di automazione vengono posizionate all'interno di una fascia di livello e l'ente che si è occupato della formalizzazione di questi livelli è la SAE international. I livelli partono dal livello 1 dove non c'è nessun tipo di automazione, fino al livello 5 dove l'auto è completamente autonoma (Figura 2.4).

2.2.1 Livelli di guida autonoma

La formalizzazione di questi livelli è stata formulata dalla SAE international, ente di normazione nel campo dell'industria aerospaziale, automobilistica e veicolistica.

Livello 0: Nessun tipo di automazione, il conducente deve essere costantemente attento alla strada, gli unici aiuti alla guida sono: frenata automatica di emergenza, assistente angolo cieco



SAE J3016™ LEVELS OF DRIVING AUTOMATION™

Learn more here: [sae.org/standards/content/j3016_202104](https://www.sae.org/standards/content/j3016_202104)

Copyright © 2021 SAE International. The summary table may be freely copied and distributed AS-IS provided that SAE International is acknowledged as the source of the content.

	SAE LEVEL 0™	SAE LEVEL 1™	SAE LEVEL 2™	SAE LEVEL 3™	SAE LEVEL 4™	SAE LEVEL 5™
What does the human in the driver's seat have to do?	You <u>are</u> driving whenever these driver support features are engaged – even if your feet are off the pedals and you are not steering			You <u>are not</u> driving when these automated driving features are engaged – even if you are seated in “the driver's seat”		
	You must constantly supervise these support features; you must steer, brake or accelerate as needed to maintain safety			When the feature requests, you must drive	These automated driving features will not require you to take over driving	

Copyright © 2021 SAE International.

	These are driver support features			These are automated driving features		
What do these features do?	These features are limited to providing warnings and momentary assistance	These features provide steering OR brake/acceleration support to the driver	These features provide steering AND brake/acceleration support to the driver	These features can drive the vehicle under limited conditions and will not operate unless all required conditions are met	This feature can drive the vehicle under all conditions	
Example Features	<ul style="list-style-type: none"> • automatic emergency braking • blind spot warning • lane departure warning 	<ul style="list-style-type: none"> • lane centering OR • adaptive cruise control 	<ul style="list-style-type: none"> • lane centering AND • adaptive cruise control at the same time 	<ul style="list-style-type: none"> • traffic jam chauffeur 	<ul style="list-style-type: none"> • local driverless taxi • pedals/steering wheel may or may not be installed 	<ul style="list-style-type: none"> • same as level 4, but feature can drive everywhere in all conditions

Figura 2.4: Livelli protocollo ADAS

e mantenimento della carreggiata.

Livello 1: L'auto non è ancora in grado di guidare da sola ma può solo mantenere il centro della strada o accelerare e frenare da sola e ci deve essere sempre l'autista che ha le mani sul volante ed è attento alla strada, gli aiuti alla guida sono quelli compresi nel livello 0 con aggiunta del mantenimento del centro della corsia oppure del cruise control adattivo.

Livello 2: L'auto è capace di guidare da sola ma non è autonoma, quindi il conducente deve essere sempre attento e con le mani sul volante, in questo livello l'autovettura è dotata del mantenimento attivo della corsia unito al cruise control adattivo.

Livello 3: L'auto è in grado di guidare da sola, ma in alcune situazioni critiche l'auto può necessitare della guida di un essere umano, motivo per il quale in questo livello è ancora richiesta la presenza di sterzo e pedaliera, oltre ad un guidatore attento che deve prendere il controllo in qualsiasi momento; l'auto ha tutti i sistemi implementati nel livello 2 e la possibilità di essere autonoma nelle situazioni di traffico o ingorghi stradali.

Livello 4: L'auto è in grado di guidare da sola e può non esserci l'autista e non essere montata la pedaliera, però l'auto può essere usata solo sotto delle condizioni limitate, come ad esempio dei taxi autonomi in città.

Livello 5: L'auto è completamente autonoma in qualsiasi situazione, senza mai richiedere l'aiuto di un umano e può non avere volante e pedaliera installati.

2.2.2 Sensori essenziali per gli ADAS

I sistemi ADAS per il loro corretto funzionamento necessitano di immagazzinare dati dal ambiente circostante per poterlo analizzare e permettere di dare in input al algoritmo di intelligenza artificiale sufficienti informazioni, utili, a fargli prendere la scelta più corretta. Ci sono due macro aree in cui i sensori possono essere divisi: sensori di analisi esterni e sensori di prospettiva.

I sensori di analisi esterna sono quei sensori che si occupano di captare e raccogliere informazioni riguardo lo spazio circostante la vettura, come eventuali ostacoli o identificare persone e animali. I sensori di prospettiva invece sono dei sensori che si occupano di percepire lo spostamento della vettura, come il GPS, l'Econder e l'IMU.

Lidar: Sensore per la rifrazione e per la pioggia, usa il principio TOF(laser che rimbalza e calcola la luce. Molto potenti ed accurati per perfette rappresentazioni del mondo esterno ma molto complessi e poco costosi da produrre.

Radar: Usa le onde radio per creare immagini e calcolare angoli di curva, velocità e distanza degli oggetti, più è alta la frequenza di aggiornamento delle onde e maggiore sarà la qualità delle immagini. Fornisce molta robustezza perchè efficiente in qualsiasi condizione, molto meno oneroso del sensore LIDAR, ed è alla base degli ADAS.

Camera: Fornisce immagini digitali delle regioni che riesce ad inquadrare e fornisce immagini a colori molto utili. Può gestire anche la lontananza dagli oggetti ma con l'utilizzo di complessi algoritmi, low coste di alta qualità, è molto utile se combinato con le informazioni fornite dai Lidar e Radar.

Ultrasonico: Usa le onde sonore per percepire la distanza dagli oggetti, i più economici fra tutti, ma facilmente disturbabili da altri sensori e inquinamento di onde radio, ha una

portata media di analisi. Perdono affidabilità con tempi atmosferici avversi, usati per i sensori di parcheggio, necessita di algoritmi per correggere gli errori.

GPS: Sensore capace di geolocalizzare il mezzo, calcolando il tempo fra invio del segnale e ricezione da parte del satellite (Triangolazione). Per via del non perfetto calcolo della posizione questo potrebbe destabilizzare l'auto.

IMU: Dispositivo elettronico per il calcolo della forza del corpo, raggio di angolazione e campo magnetico, usa sinergicamente tre accelerometri, un giroscopio e un magnetometro. Molto comune per i controlli delle auto autonome e va usato obbligatoriamente insieme alle informazioni fornite dal GPS perchè non può tracciare nel tempo l'auto e quindi ha bisogno di essere sempre corretto, specialmente durante le curve

Encoder: Dispositivo elettro-meccanico che converte la posizione lineare o angolare in segnale analogico o digitale, provvede alle informazioni su posizione direzione e velocità con un sistema di controllo.

2.2.3 IA in ADAS

L'impiego dell'intelligenza artificiale nelle auto a guida autonoma è vitale per permettere al sistema di prendere decisioni, poiché se usassimo algoritmi convenzionali, sarebbe impossibile prevedere tutti gli eventi che si possono verificare e implementare una soluzione per essi in un singolo algoritmo, inoltre è cruciale il fattore tempo con gli algoritmi che devono avere velocità di elaborazione molto elevate per essere sempre pronti a dare una risposta nelle situazioni critiche.

2.2.4 Panoarmica sul Deep Learning

Il deep learning è un sottoinsieme del machine Learning (ML), in cui gli algoritmi di reti neurali artificiali sono modellati per funzionare come l'apparato cerebrale umano, imparando da grandi quantità di dati[6].

Un algoritmo di deep learning è formato da varie componenti, ogni una di esse svolge uno specifico lavoro, ma le più importanti sono: neuroni, layer o strati ed i "pesi".

Neuroni: essi hanno un funzionamento analogo a quello dei neuroni umani, infatti si occupano di prendere informazioni, elaborarli con dei calcoli matematici e dare un output.

Layer: sono dei livelli composti dalla unione di neuroni e nodi, dai quali estraiamo i livelli più importanti che sono: input layer che si occupa di prendere i dati in input e fare una prima elaborazione, queste elaborazioni grezze vengono passate a degli hidden layer che si

occupano di raffinare le informazioni, che possono essere anche centinaia, per poi arrivare all'output layer che si occuperà di dare il risultato finale dell'elaborazione.

Pesi: valori numerici forniti dalle reti neurali che la macchina può apprendere da sola. Una macchina può autoregolarsi in base alla differenza tra gli output previsti e gli input di addestramento[7].

2.2.5 Deep Learning applicato al riconoscimento dei segnali

Al giorno d'oggi il problema delle persone che sono distratte alla guida o che non seguono i segnali sono moltissime, con il decesso di circa 1,3 milioni di persone al seguito di incidenti stradali all'anno, che sono costi anche per gli stati che possono arrivare anche a coprire il 3% del pil.

Molto spesso capita che nei viaggi molto lunghi il guidatore, a causa delle molte ore di guida possa iniziare ed essere stanco e di conseguenza può perdere attenzione verso i segnali, anche perché molti automobilisti anche se riposati non si importano dei limiti di velocità creando pericoli non solo per loro ma anche per gli altri automobilisti.

Una soluzione potrebbe essere quella di inserire un sistema chiamato "RFID Based In-Vehicle Road Sign Notification System", che è capace tramite le informazioni fornite da un sensore RFID di iniziare a dare una forma all'oggetto, poi tramite computer vision si iniziano a delineare i primi "segni particolari" del segnale, che la rete neurale processa sulla base di un data set di immagini che ritraggono segnali stradali per dare la risposta definitiva sul tipo di segnale analizzato[7].

2.2.6 Panoramica sui C.N.N. algorithm

Gli algoritmi basati su reti neurali sono algoritmi di intelligenza artificiale che prendono in input dei dati, nel nostro caso le immagini fornite dalle telecamere, le elabora tramite dei blocchi nascosti (hidden layer) per poi tramite un blocco di output classificare gli oggetti presenti nell'immagine data in input. Le reti neurali convoluzionali differiscono dalle reti neurali non convoluzionali per via del diverso scopo che hanno gli hidden layers, infatti nelle reti neurali convoluzionali lo scopo è quello di estrapolare delle caratteristiche o features, tramite l'uso di filtri, delle immagini che si vogliono analizzare.

L'utilizzo di questa classe di algoritmi di intelligenza artificiale per il riconoscimento di

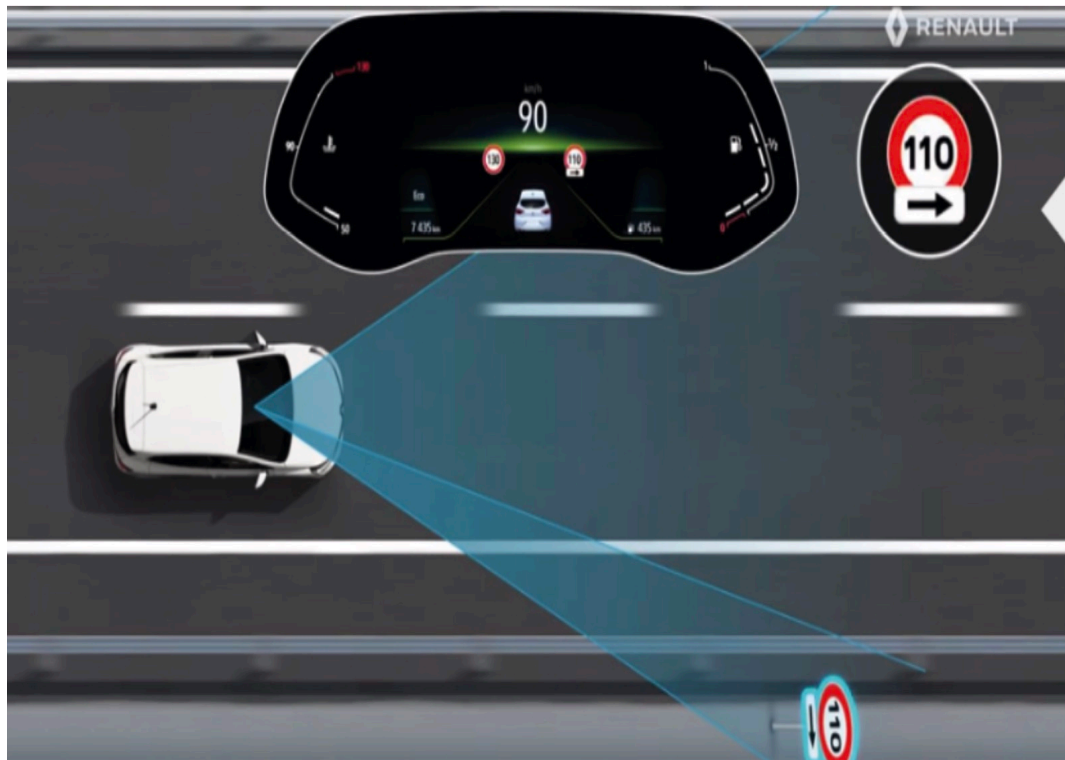


Figura 2.5: Analisi segnali stradali

In figura 2.5 è mostrato come agisce un sensore RFID, nello specifico il sensore è formato da un antenna ed un chip. L'antenna emette delle onde radio che rimbalzano nello spazio al momento della collisione con altri oggetti, tornando indietro, e poi vengono analizzate dal chip che poi salva i dati e li decodifica assegnando loro una label che passa alla rete neurale.

oggetti, ha acquistato grande prestigio perché con lo sviluppo delle tecnologie e con il sempre più "potere" fornito dal deep learning, le C.N.N. hanno dimostrato di essere le migliori fin dai layer più bassi che si occupano di frammentare l'immagine, fino ai layer più alti che si occupano della vera e propria classificazione dell'oggetto.

2.2.7 C.N.N. algoritmo per riconoscere gli oggetti e ostacoli

L'uso dei C.N.N. algoritmi, come sistema di riconoscimento degli oggetti è un passo avanti rispetto agli algoritmi usati prima di esso, poiché i sistemi precedenti facevano affidamento su tecnologie e videocamere ad alta risoluzione molto costose, che poi venivano analizzate da algoritmi basati su schemi geometrici 3D e schemi già conosciuti, partendo dall'assunzione che il mondo sia piatto e di conseguenza tutti gli oggetti che non si trovano sul livello del terreno vengono evidenziati e poi analizzati ed etichettati come in figura 2.6. Con l'utilizzo di questo metodo però si riescono a percepire ed analizzare oggetti solo nelle medie

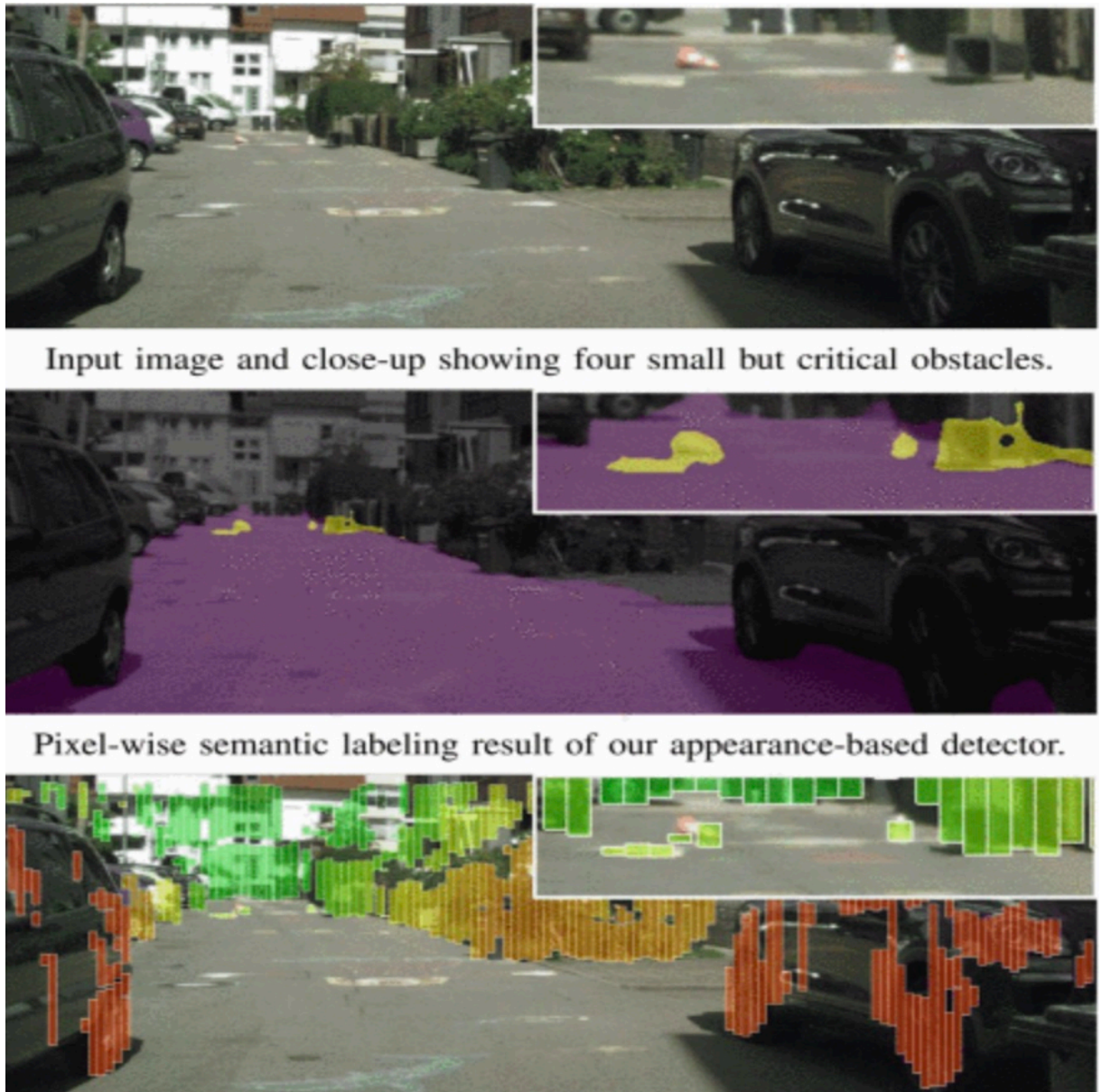


Figura 2.6: Livelli di analisi dell' ambiente

distanze, e gli oggetti distanti, ma gli oggetti più piccoli, potrebbero mettere in difficoltà il sistema. Limiti che però vengono abbattuti dagli algoritmi di tipo C.N.N, poiché molto più efficienti e precisi, hanno permesso la creazione di un nuovo metodo di riconoscimento degli hazard ambientali denominato "stereo-based model", che permette appunto di andare oltre tutti i limiti imposti dai precedenti algoritmi e tecnologie[8].

2.2.8 CNN algorithm per il riconoscimento dei pedoni

La sfida che devono superare gli algoritmi che si occupano di riconoscere oggetti, con un focus specifico sul riconoscimento dei pedoni, è quella di riconoscere e classificare i pedoni, poiché questi ultimi sono immersi in un ambiente urbano ricco di altri pericoli e ostacoli, che possono portare all'errore i sistemi di analisi esterna, ed in alcuni casi questi errori possono risultare fatali.

Per risolvere questi problemi sono stati ideati degli algoritmi di IA capaci di risolvere queste problematiche in maniera efficiente e che abbiano un margine di errore quanto più basso è possibile, nello specifico una soluzione ci è data da un sistema chiamato "TYZX".

TYZX usa tecnologie di visione artificiale sia 2D che 3D, questo perché parte generando una immagine di "mezzo", per avere una prima visione della zona, poi abbinata al risultato di dal risultato dello "stereo-based model" per generare una visione 3D della zona circostante, tramite un algoritmo di tipo "density map", che tramite questa catena di algoritmi e di punti ipotizza la presenza di un pedone.

Il lavoro di rifinitura dell'ipotesi per dare una risposta quasi certa è affidata ad un altro algoritmo chiamato "Kalman-filter-based tracking algorithm" che permette di tracciare anche il movimento dei punti 3D generati, visto che i pedoni camminando generano movimento, che è facilmente distinguibile dal moto di altri oggetti, permettendo di eliminare anche i falsi positivi[9].

Obiettivi dello Studio e Metodologia

3.1 Obiettivi

L'obiettivo per il quale viene prodotto questo elaborato è quello di informare i lettori di ciò che saranno i sempre più rapidi nel mondo del settore automotive e per non farli trovare impreparati nei confronti delle auto che andranno ad acquistare nei prossimi anni.

Il disagio che gli utenti potrebbero incontrare nei confronti di mezzi che useranno nella loro vita quotidiana, alla quale per certi versi affidano la vita non è da sottovalutare.

L'informazione è uno dei potenti mezzi che ha la scienza per divulgare le proprie scoperte e renderle note al mondo, e questo lavoro si pone l'obiettivo di informare il lettore mediante un lavoro di ricerca e analisi delle informazioni riguardo i topic della mobilità green e degli ADAS.

3.2 Metodologia

3.2.1 Metodologia per la raccolta informazioni

Per raccogliere le informazioni presentate in questo documento sono stati utilizzati vari motori di ricerca scientifici quali IEEExplore, GoogleScholar e Scopus.

All'interno di tali motori di ricerca sono state eseguite numerose query di ricerca, tramite meccanismi di ricerca avanzati, che adoperavano query di ricerca scritte in un linguaggio simile ad SQL. Le query in questione erano formalizzate nel seguente modo: ("artificial

Tabella 3.1: Estratto tabella Excell

Query	Risultati ottenuti	Risultati Validi	Risultati inerenti	Import query	Tematiche riportate	Range anni
("artificial intelligence") AND ("ADAS")	369			IEE_369		
("artificial intelligence") AND ("ADAS") AND ("software engineering")	7	100%	100%	IEE_7	Algoritmi e tecniche di machine learning e deep learning	2017 - 2021
("Green mobility" AND ("self driving cars"))	0	0%	0%			
("Green mobility") AND ("Artificial intelligence")	5	40%	30%	IEE_5	Algoritmi e metodi di intelligenza artificiale che migliorino le prestazioni ed i consumi dei veicoli	2019-2022
("Electric cars") AND ("Smart city")	3	33%	33%	IEE_3	Previsioni e soluzioni a problemi che potrebbero avere le auto elettriche	2015-2017

intelligence") AND ("ADAS").

Di seguito i risultati di tali query venivano catalogati in file excell opportunamente strutturati per mantenere i dati in modo schematico. La struttura di tali file è la seguente (Figura 3.1).

Query: Colonna incaricata di mantenere informazioni riguardo la query inserita nel motore di ricerca.

Risultati ottenuti: Colonna raffigurante il numero di risultati ottenuta dalla query.

Risultati validi: Colonna raffigurante la percentuale degli articoli dal contenuto valido secondo tipo di ricerca effettuata.

Risultati inerenti: Colonna raffigurante la percentuale degli articoli dal contenuto inerente ed idoneo al tipo di ricerca effettuata.

Import query: Link ad un altro file excell che al cui interno sono contenuti gli import eseguiti dai motori di ricerca dei risultati ottenuti dalla query.

Tematiche riportate: Brevissimo summary su ciò che grossolanamente contenevano gli articoli presenti nella query di riferimento.

Range anni: Range degli anni delle pubblicazioni che sono state mostrate dalla query di riferimento.

Una volta ottenuto il risultato della query si è proceduto con l'analisi prima del numero di documenti che la query ha fornito.

Nel caso in cui la query produce un numero di risultati elevato, si procede alla scansione di ogni singolo titolo, senza però leggere attentamente l'abstract del documento, se però il titolo da segni di pertinenza, si procede a leggere l'abstract e se anch'esso è pertinente si procede a leggere il contenuto del documento.

Nel caso in cui la query produce un numero non superiore a quindici risultati, viene importato il file CSV dei risultati per tenerne traccia, vengono analizzati ad uno ad uno i documenti risultanti dalla query e classificati secondo tre livelli di pertinenza:

Pertinente: Il documento in analisi presenta al suo interno un contenuto pertinente a ciò che è stato richiesto dalla query e non viene segnato.

Quasi pertinente: Il documento preso in analisi presenta delle argomentazioni e parole chiave che potrebbero essere ritenute valide, ma non tutto il contenuto ed i concetti espressi

sono pertinenti.

La riga corrispondente a quel documento viene contrassegnata con un fondo giallo.

Non pertinente: Il documento preso in esame non presenta per nulla informazioni rilevanti a ciò che era stato domandato tramite la query.

Le righe di documenti non pertinenti vengo contrassegnate con un fondo rosso.

I documenti ritenuti pertinenti venivano accuratamente letti ed analizzati nelle loro tematiche di riferimento, specialmente i documenti che esplicitavano i risultati di esperimenti o di analisi di dati riguardanti l'inquinamento per poi fare un controllo delle fonti dai quali i dati vengono prelevati e analizzati, nel caso delle auto a guida autonoma i problemi e le sfide sono state estrapolate dalla lettura delle criticità emerse e presentate in più pubblicazioni differenti, anche di autori diversi.

Per riuscire ad avere sufficienti informazioni chiare e puntuali riguardo gli argomenti trattati in questo lavoro sono stati analizzati undici testi, frutto di diverse ricerche mirate alla raccolta di informazioni compartimentate e divise per argomento da trattare. Siccome le query di ricerca in alcuni casi presentavano nei loro risultati anche dei documenti che dal titolo già evincevano di non essere pertinenti, tali documenti venivano immediatamente scartati ed il numero di tali titoli è di circa venti elaborati.

4.1 Problemi

I problemi per le auto a guida autonoma in mondo legislativo non ancora pronto a livello di norme in caso di sinistri stradali sono molto delicati perché non è possibile catalogare e racchiudere in una serie di norme tutti i casi possibili di incidente e quindi emanare una sentenza diversa per ogni caso che si va a vagliare.

Partendo dal presupposto che attualmente in Italia è consentito utilizzare solo i benefici di una guida autonoma di livello 2, e di conseguenza qualsiasi sinistro accade per mezzo di un'auto a guida autonoma è sempre colpa dell'essere umano che guida il mezzo e non della macchina, però se si guarda al futuro, ipotizzando un modo di sole auto a guida autonoma con un livello di autonomia pari a 5 ed accade un incidente, a chi poi va data la colpa?

Questo dilemma etico e morale prende il nome di "Trolley problem" o problema del carrello.

4.2 Trolley problem

La formulazione originale di questo problema è la seguente:

"Un carrello su un binario si avvicina a uno scambio. Se continua sul binario attuale, travolgerà un gruppo di persone, ma un operatore umano potrebbe tirare la leva per guidare il carrello dall'altra parte. In questo caso, solo una persona verrà uccisa."[10].

Ad una prima lettura si potrebbe dire che questo dilemma non centra molto con le auto ma

se lo si pone in uno scenario diverso, come se ad esempio invece del treno ci fosse un'auto a guida autonoma con dei passeggeri, in un momento in cui un incidente è inevitabile, e la scelta è tra la morte di un pedone ma la vita degli occupanti è salva oppure l'altra scelta è quella di salvare la vita del pedone evitandolo ma nel farlo si collide con un oggetto che potenzialmente causerà la morte degli occupanti, come in figura 4.1.

In questo caso qual'è la scelta giusta?



Figura 4.1: Trolley problem in un contesto stradale

Questo dilemma non è applicabile solo a scelte che possono accadere soltanto quando c'è un essere umano alla guida ma anche un'auto intelligente può trovarsi in queste situazioni, e la scelta che farà non deve mai essere casuale ma deve avvenire seguendo delle salde regole etiche e morali, già consolidate dagli sviluppatori, perchè la mancanza di queste regole potrebbe portare l'opinione pubblica a non ritenere utili questi mezzi rivoluzionari e di conseguenza a bloccare lo sviluppo.

Gioca un ruolo molto importante anche la percezione che hanno gli utilizzatori di tali veicoli delle tecnologie globali e nello specifico l'esperienza pregressa e quella che il veicolo autonomo gli fornisce, questo perchè la società può perdonare più facilmente l'errore umano per decisioni prese in frazioni di secondo, ma non i computer, perchè chi ha sviluppato quei sistemi

ha avuto tempo sufficiente per analizzare e prevedere tutte le situazioni e di conseguenza dare un insegnamento etico e morale al sistema su cui basarsi in casi critici, come Christian von Hugo della Mercedes che ha dichiarato che i veicoli Mercedes saranno programmati per prediligere la salvezza dei occupanti dell'auto a tutti i costi.

4.3 Auto a guida autonoma ed i problemi con gli ingegneri

Un altro problema da non sottovalutare è quello che si pone molto spesso prima che un'auto a guida autonoma venga prodotta, poichè chi la progetta è sottoposto a pressioni da parte di una legislazione molto vaga nell'ambito della guida automatizzata dei veicoli. Questo perchè la casa produttrice non vende più un'automobile "classica" ma vende un intero apparato di sistemi e sensori in grado di pensare da solo, creando molti dubbi in chi compra e in chi li produce poichè deve creare un sistema informatico robusto ed efficiente.

Trattandosi comunque di mezzi fisici che molto spesso sono lasciati incustoditi in strada, vengono a porsi molti problemi di sicurezza, non tanto fisica come il possibile furto, anche se le auto geolocalizzate e con livelli alti di automazione potrebbero tornare da sole a casa, si richia sempre che i sistemi meccanici vengano manomessi e che il comparto informatico venga hackerato.

Le due possibilità citate prima possono creare una reazione a catena negli utenti che crea l'effetto Eliza, che in termini pratici sarebbe quando l'essere umano si fida troppo del veicolo abbassando il livello di attenzione, poichè sicuro che l'auto penserà a tutto.

Nel verificarsi questo evento c'è anche la complicità di chi progetta l'auto perchè pensa che creando un'auto simile nei modi di fare di un essere umano non fa che avallare il proliferare di questo effetto negativo poichè questa somiglianza fra auto ed essere umano aumenta ancora di più il tasso di fiducia che l'uomo dà all'auto, rendendolo impreparato ad eventi casuali e potenzialmente mortali.

4.4 La mobilità green ed i suoi problemi

Nel nostro pianeta, sempre più in preda ai cambiamenti climatici, inizia a nascere sempre più il bisogno di diversificare le fonti da cui viene prodotta l'energia, eliminando i combustibili fossili, e intensificando la produzione e l'installazione di impianti che producono energia rinnovabile.

Un problema della mobilità green nasce proprio dal fatto che le auto elettriche in sé non generano inquinamento, ma il loro ciclo di produzione invece lo fa, poichè non tutte le gigafactory e le catene di montaggio sono ad impatto 0. Quando si raggiungerà l'impatto 0 anche durante il ciclo di produzione allora si potrà definire il circolare in auto elettriche autonome veramente green.

Un altro problema che interessa chi vuole acquistare un'auto elettrica e lo scoraggia sono le infrastrutture di ricarica non in grado di rifornire adeguatamente le auto elettriche, ma non per mancanza di carburante, ma per mancanza di stazioni di ricarica adeguate e collocate in posti strategici, perchè essendo lungo il processo di ricarica di un'auto elettrica, è di vitale importanza la creazione di stazioni di ricarica con dei servizi che possono essere dei semplici bagni o dei ristoranti in modo da impiegare il tempo morto della ricarica in un viaggio.

4.5 Le sfide di un mondo ancora acerbo

Una delle prime sfide da superare è quella di creare un ambiente connesso, dove ogni veicolo possa essere messo in contatto con altri veicoli detto V2V (Vehicle-to-vehicle), che permetterebbe solo questa semplice comunicazione tra i veicoli di evitare moltissimi incidenti, generati dalla distrazione e dall'errore umano.

La sfida successiva ad un modello V2V sarà quella di creare un'infrastruttura connessa che permetta alle auto che già comunicano tra di loro di comunicare con l'infrastruttura stessa, creando un modello veicolo-infrastruttura (V2I), che con la costruzione di un server centrale al quale le auto inviano il loro itinerario di viaggio che poi risponde alle auto dando loro il percorso e la velocità di viaggio adatta.

Questo lavoro viene fatto perchè essendo il server centrale connesso con tutte le auto, ha il quadro completo di tutte le auto e di tutte le tratte che queste auto andranno a coprire, di conseguenza creando dei piani personalizzati ad ogni auto che non si ritroverà mai nel traffico e viaggerà alla velocità migliore possibile senza problemi imprevisti o comunque qualora ci fossero delle criticità durante il percorso sia la macchina che l'autista vengono tempestivamente avvisati e quindi posso dare il massimo dell'attenzione e non trovarsi impreparati.

Il traguardo finale per la comunicazione tra i veicoli è quella dove una macchina può dialogare con qualsiasi cosa creando un sistema V2X (vehicle-to-everything), un ambiente così intrinsecamente connesso come in figura 4.2 è molto difficile da creare in tempi brevi ed ha però anche bisogno di una quantità di dati elevatissima per funzionare al meglio ma il crearlo

sposterebbe il focus dei lavori tutto sul rendere sicure le scelte delle auto, ma se la macchina ha il quadro più che completo ed è in comunicazione con anche gli altri veicoli questo lavoro diventa molto semplice[11].



Figura 4.2: Esempio di città con connessione V2X

Le sfide espresse prima sono di natura infrastrutturale ma ci sono altre sfide da superare come:

Opinione pubblica: dove la casa automobilistica si fa pubblicità mostrando i vantaggi ed il perchè un'auto autonoma è migliore di una non autonoma.

Prezzo: la differenza di prezzo tra macchine autonome e non deve assottigliarsi di più ed essere alla portata di tutti, cosa che analogamente deve essere fatta con le auto elettriche.

Sicurezza: la sicurezza è una delle sfide forse più complicate da superare non solo come sistemi di sicurezza meccanici dell'auto ma anche come sicurezza informatica, nel creare sistemi robusti che resistano ad attacchi hacker.

Regolamenti: gli stati devono riunirsi e darsi una linea comune riguardo il trattamento dei veicoli autonomi in modo che avendo una legge chiara e puntuale non crei confusione ai cittadini ma soprattutto a chi produce auto, in modo da rendere tutto lo sviluppo più fluido e l'avanzamento delle tecnologie più rapido[11].

Una sfida ulteriore è quella delle infrastrutture di ricarica che oltre all'essere esigue non sono

attrezzate correttamente per una sosta medio-lunga per la ricarica di auto elettriche, esempi sono i tesla charger che sono dei centri di ricarica ben attrezzati per quanto riguarda le unità di auto da rifornire, ma che però in certe zone sono isolati e se ci si trova da soli si genera della noia e dello stress perchè non si è mai tranquilli nel viaggiare perchè si pensa sempre che si può finire l'energia.

4.6 Le opportunità di un'auto autonoma

Le opportunità generate da un mondo in cui le auto a guida autonoma possono circolare al meglio delle loro possibilità sono moltissimi, ad esempio una delle opportunità più importanti è quella di ridurre drasticamente l'inquinamento di CO₂ prodotto dalle macchine.

Queste diminuzioni di emissioni sarebbero la naturale conseguenza generata dalla comunicazione di tutti i veicoli e delle infrastrutture perchè il poter avere un computer in grado di conoscere la situazione di tutte le auto circolanti, che pianifica l'itinerario di tutte queste auto, evita che si creino ingorghi e che la marcia sia il più fluida possibile, aumentando anche i benefici e la vivibilità delle auto e delle strade.

Se si parla di auto elettrica non ci si fossilizza solo sui consumi o sul comfort di viaggio, che sono già i punti forti delle auto elettriche, ma si guarda a come il tragitto possa essere esguito con il minor consumo di energia e quindi anche risparmiando sui costi di viaggio oltre che sulla produzione di energia elettrica, poichè non tutta l'energia proviene da fonti rinnovabili. L'utilizzo di auto a guida autonoma elettriche se coadiuvate da una buona infrastruttura sono enormi perchè prendendo banalmente d'esempio una sosta in delle stazioni di ricarica attrezzate con dei ristoranti o dei centri commerciali, si crea anche utile per altre aziende e si tranquillizza chi è in auto perchè avere un computer di bordo inetlligente e connesso si evitano gli affollamenti delle stazione di ricarica e si viaggia più a lungo perchè il computer tramite il GPS è capace di traccare un percorso e soprattutto calcolare i consumi in modo da arrivare sempre in tutta tranquillità alla destinazione, eliminando l'ansia da ricarica e lo scetticismo che circonda le auto elettriche.

Un importante opportunità che ci viene offerta dalle auto autonome è quella della drastica riduzione della mortalità negli incidenti perchè vengono attuate una serie di meccanismi per prevenire prima di tutto lo scontro con altre auto, perchè come detto prima si vive in un ambiente connesso dove tutti sanno tutto, ma anche l'auto, essendo comunque ricca di sensori, è in grado di autogestirsi nei momenti critici per prendere la decisione migliore e

non lasciarsi cogliere impreparata o inesperta come potrebbe essere un automobilista umano. Il viaggiare su un'auto autonoma permetterà finalmente di utilizzare il telefono alla guida poichè non si avrà più l'obbligo di avere attenzione alla strada, e si potrà lavorare durante gli spostamenti in auto, non rendendoli così tempi morti o noiosi ma tempi produttivi in modo da avere più tempo al ritorno a casa e la possibilità di viaggiare anche per molto più tempo perchè si guida più rilassati e spensierati.

Le opportunità della guida autonoma non sono dedicate solo a cittadini privati facoltosi, ma anche alla città, perchè tutto ciò che è stato detto sul comfort di viaggio e la connessione fra i mezzi, può essere ampliata anche ai mezzi pubblici. Creando nuove opportunità di viaggio per il cittadino e mantenerlo sempre informato con le apposite applicazioni dei gestori, senza creare lacune di comunicazione, perchè i mezzi sono sempre tracciati e connessi alla rete.

Con l'utilizzo di mezzi pubblici connessi si possono fornire ai cittadini anche più informazioni, come ad esempio il numero di persone a bordo, l'ora di arrivo alla fermata precisa e l'ora di arrivo al capolinea, oltre che ai classici servizi di geolocalizzazione dei veicoli, con la possibilità di implementare una rete di trasporti maggiore poichè "autogestendosi" comunicando tra di loro, non si creano affollamenti sui mezzi e si viaggia spediti e nel massimo comfort di viaggio.

Più va avanti il tempo e più il mondo intorno a noi evolve e muta, a volte anche in maniera inaspettata, come per esempio il sempre più anomalo caldo di cui sentiamo parlare ai telegiornali ed il cambiamento inspettato degli ecosistemi e degli animali stessi. Questi problemi hanno un comune denominatore che è l'inquinamento, evento globale che sta spaventando ora che mostra i danni che sta procurando al nostro pianeta e che spinge i politici ad agire solo ora emandando tutta una serie di norme riguardo l'elettrificazione che arrivano in ritardo, poichè poteva essere visto già prima il potenziale di questo nuovo modo di muoversi, un modo ecologico e che va anche a braccetto con lo sviluppo delle intelligenze artificiali che nell'ultimo periodo stanno facendo scalpore.

L'evoluzione delle tecnologie è sempre stata molto più rapida di quello che è il pensiero delle persone, fenomeno dovuto anche alle differenti generazioni, che però rallenta lo sviluppo di altre tecnologie e lo si vede in maniera eclatante con le auto elettriche che se pure hanno un comfort di guida eccezzoinale e dei processi produttivi meno laboriosi, ed un impatto 0 sull'inquinamento le persone le snobbano perchè preferiscono viaggiare sentendo il rumore di un motore temrico e gli scossoni in accelerazione e frenata che genera.

Gli algoritmi di intelligenza artificiale dalla loro hanno bisogno di enormi quantità di dati per poter essere veramente efficienti, dati che per via della disinformazione e dei casi di vendita illecita degli stessi si fa fatica a raccimolare, rallentando lo sviluppo di nuovi algoritmi efficienti e che siano meno affamati di risorse per essere eseguiti.

Le criticità evidenziate sono delle le barriere da infrangere prima di tutte le altre, e devono

essere abbattute tutte per poter proseguire verso una vera politica concreta di mobilità green, uno sviluppo puntuale delle tecnologie con significativi passi avanti non solo per il settore automobilistico ma per tutti questi settori e quelle industrie che basano il loro lavoro sulle tecnologie e sulla domotizzazione dei loro impianti.

Purtroppo il mondo allo stato attuale non è assolutamente pronto ad accogliere dei livelli di automazione così elevati e la dimostrazione ci viene data dal fatto che in Europa non si può andare oltre il livello 2 di guida autonoma, non perchè le macchine non ne siano in grado, ma perchè non ci sono infrastrutture e leggi adatte e questo è un danno molto grande per lo sviluppo che invece di poter avanzare viene bloccato. Solo l'USA dimostra un minimo di attenzione verso questo tema permettendo di circolare fino al livello 3 di automazione della macchina, ma perchè hanno delle infrastrutture che lo permettono ed investono per lo sviluppo. Per questo se non si vuole rimanere indietro è vitale investire con dei progetti di sensibilizzazione e spingere le persone scettiche a cambiare punto di vista, specialmente quelle più anziane che sono "affezionate" alle loro auto storiche.

Ma a tutto fortunatamente c'è un rimedio che è quello di credere di più nel futuro ed investire nelle infrastrutture le giuste somme di denaro e crederci nel modo giusto facendo anche campagne di informazione nelle città, facendo toccare con mano ai cittadini quello che deve essere il loro futuro e di come devono guadagnarlo investendo e scommettendo sulla ricerca di nuove tecnologie.

E' importante anche che gli stati siano vicini ai cittadini con dei sussidi ed incentivi economici per l'acquisto di auto elettriche perchè i prezzi attualmente sono proibitivi e si è sempre vincolati ad avere un box auto privato, perchè altrimenti diventa difficile gestire l'ansia da ricarica ed i benefici a livello di costi vengono assottigliati e l'investimento dell'acquisto di un'auto elettrica non diventa conveniente.

L'investire nella costruzione di città smart non è qualcosa che serve a tenere sotto controllo i cittadini o danneggiarli, ma serve per migliorare il loro livello di vita, andando a generare dei microservizi per la vivibilità della città sempre migliore ed aumentando il tenore di vita, come la possibilità di tracciare in tempo reale i mezzi pubblici.

L'automazione di processi che sono da sempre stati fatti a mano dagli esseri umani nel corso degli anni se nei nostri giorni venissero fatti con l'aiuto delle macchine, non significa che l'uomo è inutile, ma significa che l'uomo ha più tempo libero da dedicare a se stesso invece che al lavoro, e questo non fa altro che aumentare la qualità di vita delle persone rendendole più felici e più propense a cooperare con le nuove tecnologie favorendo lo sviluppo delle stesse.

Bibliografia

- [1] UE, "Emissioni di co2 delle auto: i numeri e i dati. infografica." <https://www.europarl.europa.eu/news/it/headlines/society/20190313STO31218/emissioni-di-co2-delle-auto-i-numeri-e-i-dati-infografica>. (Citato a pagina 5)
- [2] D. Vakula and B. Raviteja, "Smart public transport for smart cities," in *2017 International Conference on Intelligent Sustainable Systems (ICISS)*, pp. 805–810, 2017. (Citato a pagina 7)
- [3] A. S.P.A, "Smart roads." <https://www.stradeanas.it/it/smartroad>. (Citato a pagina 9)
- [4] A. per l' Italia, "Progetto mercury," <https://www.autostrade.it/it/chi-siamo/mercury>. (Citato a pagina 10)
- [5] Takács, I. Rudas, D. Bösl, and T. Haidegger, "Highly automated vehicles and self-driving cars [industry tutorial]," *IEEE Robotics Automation Magazine*, vol. 25, no. 4, pp. 106–112, 2018. (Citato a pagina 10)
- [6] Oracle, "Definizione di deep learning." <https://www.oracle.com/it/artificial-intelligence/machine-learning/what-is-deep-learning/:text=il> (Citato a pagina 13)
- [7] K. S P, A. R. R L, B. K K, E. A. J, and H. S, "Electric vehicle speed control with traffic sign detection using deep learning," in *2022 International Conference on Advanced Computing Technologies and Applications (ICACTA)*, pp. 1–6, 2022. (Citato a pagina 14)
- [8] S. Ramos, S. Gehrig, P. Pinggera, U. Franke, and C. Rother, "Detecting unexpected obstacles for self-driving cars: Fusing deep learning and geometric modeling," in *2017 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*, pp. 1025–1032, 2017. (Citato a pagina 16)

- [9] S. Nedevschi, S. Bota, and C. Tomiuc, "Stereo-based pedestrian detection for collision-avoidance applications," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 10, no. 3, pp. 380–391, 2009. (Citato a pagina 17)
- [10] P. Wintersberger, A.-K. Prison, A. Riener, and S. Hasirlioglu, "The experience of ethics: Evaluation of self harm risks in automated vehicles," in *2017 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*, pp. 385–391, 2017. (Citato a pagina 21)
- [11] S. Coicheci and I. Filip, "Self-driving vehicles: current status of development and technical challenges to overcome," in *2020 IEEE 14th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics (SACI)*, pp. 000255–000260, 2020. (Citato a pagina 25)

Ringraziamenti

Vorrei ringraziare prima di tutto i miei genitori e mio fratello, perché in questi anni sono sempre stati al mio fianco, sia nei momenti felici che quelli particolarmente difficili e non mi hanno mai fatto mancare il loro supporto e vicinanza in qualsiasi situazione ed in qualsiasi modo.

Ringrazio anche i miei nonni, per tutte le storie e gli insegnamenti che mi hanno dato nel corso della mia vita, in particolar modo mio nonno Antonio con cui da sempre ho avuto un rapporto speciale, che purtroppo non ha potuto vedere completato il mio percorso perché volato in cielo.

Ringrazio i miei zii, le mie zie ed i miei cugini con i quali nel corso degli anni ho condiviso momenti unici di divertimento ma anche sostenuto dei discorsi molto formativi, ed a volte anche rimesso in carreggiata quando stavo andando fuoristrada.

Ringrazio tutta Coscienza che dopo il covid sono diventati la mia seconda fantastica famiglia, e tutti gli amici conosciuti nel corso della mia carriera universitaria, che nei momenti più difficili e soprattutto nello studio sono stato il mio più grande aiuto, e se sono qui oggi è anche un po' per merito loro.

Ringrazio gli amici del server KhARINO Davide, Gennaro, Kekko, Mario, Halina, Umberto, Adolfo, Peppe, Andrea, Francescopio, Pietro, Jacopo, Andrea e Mikelone per tutte le risate e le partite a calcetto fatte in questi anni di amicizia.

Ringrazio tutti gli amici della parrocchia di Maria S.S. della Medaglia Miracolosa, in particolar modo Don Pierluigi, Don Salvatore, Don Nello, Gerardo, Osvaldo, Emanuele, Erman, Mauro, Mariassunta Roberta e Ada perché mi hanno accolto donandomi un amore che in pochissimi ambienti nella mia vita ho avuto la fortuna di trovare.

Ringrazio l'ANSPI ed in particolar modo la Renato, Fulvia, zio Antonio, zio Tonino, zio Giovanni, Mirko con la k, Pierfrancesco ed Alessandro perché negli due anni sono stati un

punto di riferimento ma soprattutto degli Amici sinceri, con i quali spero di trascorrere altre esperienze indimenticabili come le due manifestazioni svoltesi a Bellaria-Igea Marina.

Ed infine ma non per importanza ringrazio il mio relatore il prof. Fabio Palomba e la dott.ssa Valeria Pontillo per l'aiuto ed i consigli che mi hanno dato per produrre al meglio questa tesi.