

ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Laurea Magistrale in Advanced Design
Dipartimento di Architettura

Progetto per il monitoraggio e l'assistenza alla guida in contesti automotive

Relatore:

Prof. Michele Zannoni

Candidato:

Beatrice Dello Preite

Matricola 0000887241

anno accademico 2021/2022

Abstract

Nel panorama dell'automotive negli ultimi decenni si sono moltiplicate le normative nazionali, europee e mondiali per ridurre l'impatto socio-economico derivato dall'alto numero di sinistri stradali. Dall'analisi dei dati è emerso che una delle cause più impattanti dei sinistri è la distrazione: sono stati estrapolati i fattori che la inducono e raggruppati nelle macro-categorie di disattenzione, inattenzione, sonnolenza e stati mentali alterati. TESSA (Technology EEG Safety System Automotive) propone un approccio di assistenza alla guida che sfrutta le onde cerebrali del conducente, costantemente monitorate da un auricolare EEG, rileva fattori problematici e interviene con un'assistenza vocale considerando reazioni e necessità dell'utente, gravità della problematica e tempo di reazione necessario. Interagendo con il conducente TESSA sfrutta le tecnologie disponibili per comunicare il pericolo e condurre l'utente verso un'adeguata ripresa della guida. Il progetto è stato sviluppato considerando un target con un alto impatto sulla quantità dei sinistri stradali e che ricoprisse un notevole ruolo sociale: la fascia d'età più idonea su cui intervenire è 18-25 anni, un target ancora inesperto alla guida e adatto a recepire e promuovere lo scenario dell'automotive in veloce trasformazione verso un futuro sempre più orientato alla prevenzione e alla connettività. Seppur lo studio del *concept* sia rivolto principalmente a una popolazione giovanile TESSA è in grado di adattarsi a qualsiasi fascia d'età perché progettata per soddisfare le necessità del singolo conducente e della singola problematica, e può guidarlo nella ripresa del controllo della guida intervenendo al variare delle onde cerebrali. L'approccio di intervento mediato con l'assistenza vocale permette all'utente di mantenere il controllo del veicolo: TESSA non sostituisce il conducente ma mira a renderlo consapevole del rischio di pericolo e pronto a intervenire in prima persona in modo cosciente e adeguato.

INDICE

Abstract	1
0. Introduzione	3
1. Incidenti stradali	4
1.1 Cause degli incidenti stradali	10
1.2 Fattori scatenanti	13
2. La distrazione	18
2.1 Disturbi dell'attenzione	19
2.2 Europa e Italia	24
3. Stato dell'arte: l'automobile	25
3.1 Tecnologie ADAS	26
3.2 Provvedimenti	34
3.3 Auto come entità tecnologica: verso la guida autonoma	39
4. Scenario futuro per la sicurezza stradale	41
4.1 La guida autonoma	41
4.2 Scenario degli sviluppi	48
5. Psicologia del traffico, amaxofobia	57
6. Target	63
6.1 Ragazzi 17-25 anni	63
6.2 Questionario (parte 1)	68
7. Tecnologie e casi studio	72
7.1 Eye tracking	72
7.2 EEG	90
7.3 Conduzione ossea	100
7.4 Casi Studio	101
7.5 On-Board Diagnostic (OBD)	104
7.6 Questionario (parte 2)	105

8. Sviluppo progetto	110
8.1 Auricolare EEG	111
8.2 TESSA: Assistente vocale alla guida	116
8.3 Prototipazione	120
9. Sviluppi futuri	121
10. References	124

0. Introduzione

Nel panorama dell'automotive negli ultimi decenni si è discusso circa delle soluzioni tecnologiche e non di ausilio al guidatore ai fini di ridurre l'impatto sociale ed economico comportato dall'elevato numero dei sinistri stradali. Le numerose normative a livello nazionale, europeo e mondiale hanno permesso dei progressi in questa direzione tuttavia i dati disponibili dimostrano quanto la strada per il raggiungimento degli obiettivi prefissati dalle istituzioni siano ancora piuttosto lontani. Durante la ricerca dello scenario analizzando i dati si è evinto che la causa più impattante degli incidenti stradali è la distrazione, di conseguenza è stato fondamentale andare ad indagare e sviscerare quelli che sono i fattori che inducono la distrazione al volante nel conducente ed in base ad essi distinguere le modalità di approccio di intervento. Da queste evidenze si evolve l'area di sviluppo del progetto di tesi, TESSA (Technology EEG Safety System Automotive). Tessa è un sistema di assistenza alla guida unico nel suo genere in quanto è in grado di riconoscere quelli che sono i quattro stati di emergenza in riferimento alla distrazione più impattanti, la disattenzione, l'inattenzione, la sonnolenza e i stati mentali alterati come agitazione, attacchi di panico, inoltre dopo questa analisi delle necessità del conducente interviene in modo mirato considerando la gravità e la persistenza della problematica. Il progetto riesce a soddisfare questi criteri grazie all'utilizzo da parte del conducente di un auricolare EEG che analizza costantemente gli impulsi neurali dal quale si possono rilevare i diversi stati mentali, successivamente si interviene per riequilibrare la concentrazione prima con un approccio immediato sonoro e se non dovesse essere sufficiente interviene TESSA l'assistente vocale che guida il conducente supportandolo attraverso consigli e giochi di concentrazione. Questi feedback sono stati calibrati non solo a seconda delle necessità del tipo di distrazione ma anche considerando il target scelto ovvero i giovani ragazzi con poca esperienza di guida che rientrano nella fascia dei 18-25 anni. La scelta del target è stata ponderata non solo dal fattore d'impatto, in quanto i giovani sono i conducenti che commettono più incidenti per distrazione ma anche perché da sempre sono loro a diventare portatori delle innovazioni soprattutto in ambito tecnologico.

Nonostante le scelte prese per lo sviluppo tecnologico, il concetto alla base ovvero gli obiettivi di utilizzo di tessa si prospettano avere uno scenario in forte evoluzione con differenti tipologie di applicazione ma considerando sempre le necessità del conducente come fulcro inesorabile.

1. Incidenti stradali

L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS)¹, riprendendo quanto stabilito dalla Convenzione Internazionale sulla Circolazione stradale firmata a Vienna l'8 novembre 1968, definisce un incidente stradale «uno scontro che avviene su una strada urbana o extraurbana aperta al pubblico, che coinvolge almeno un veicolo e che può avere conseguenze sulla salute di chi vi è coinvolto»².

Gli incidenti stradali rappresentano un problema prioritario per la sanità pubblica per via dell'alto numero di morti e di invalidità temporanee o permanenti che ne conseguono. Agli elevati costi sociali e umani si aggiungono anche consistenti costi economici che rendono il problema della sicurezza stradale un argomento di primaria importanza per tutti i Paesi, da cui deriva un problema di portata internazionale. In particolare il costo degli incidenti stradali varia nelle diverse economie: secondo l'OMS, gli incidenti ammontano a circa l'1% del prodotto interno lordo (PIL); nei paesi a medio reddito il costo è dell'1,5% del PIL, e nei paesi ad alto reddito il costo è del 2% del PIL. Alcuni studi citano anche costi fino al 3% del PIL, infatti secondo le statistiche del libro bianco³ investire nella sicurezza stradale è un imperativo globale per il settore privato dal momento che gli incidenti hanno un costo di 518 miliardi di dollari all'anno su scala mondiale. *fonte

¹ L'Organizzazione Mondiale della Sanità, istituita nel 1948, è l'Agenzia delle Nazioni Unite specializzata per le questioni sanitarie; si veda <https://www.salute.gov.it/portale/rapportiInternazionali/dettaglioContenutiRapportiInternazionali.jsp?lingua=italiano&id=1784&area=rapporti&menu=mondiale>, consultato in data 14/09/2022

² ONU, *Convenzione Internazionale sulla Circolazione stradale*, Vienna, 8 novembre 1968; si veda anche: Istituto Superiore di Sanità, *I Giovani e la Guida studio dei nuovi fattori distrattivi*, https://www.iss.it/web/guest/archivio/-/asset_publisher/U2O0cK2cWrd9/content/i-giovani-e-la-guida-studio-dei-nuovi-fattori-distrattivi?_com_liferay_asset_publisher_web_portlet_AssetPublisherPortlet_INSTANCE_U2O0cK2cWrd9_assetEntryId=3405255&_com_liferay_asset_publisher_web_portlet_AssetPublisherPortlet_INSTANCE_U2O0cK2cWrd9_redirect=https%3A%2F%2Fwww.iss.it%2Fweb%2Fguest%2Farchivio%3Fp_p_id%3Dcom_liferay_asset_publisher_web_portlet_AssetPublisherPortlet_INSTANCE_U2O0cK2cWrd9%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26_com_liferay_asset_publisher_web_portlet_AssetPublisherPortlet_INSTANCE_U2O0cK2cWrd9_assetEntryId%3D3405255%26_com_liferay_asset_publisher_web_portlet_AssetPublisherPortlet_INSTANCE_U2O0cK2cWrd9_cur%3D0%26_r_p_resetCur%3Dtrue, consultato in data 14/09/2022

³ Il Libro Bianco è un rapporto ufficiale pubblicato da un governo nazionale o da un'organizzazione internazionale su un determinato argomento o settore di attività.

Secondo le stime dell'OMS, nel mondo i decessi per incidenti stradali sono circa 1,24 milioni, le persone che riportano ferite sono tra i 20 e i 50 milioni all'anno mentre altri 21 milioni di persone riportano annualmente danni da disabilità permanente.

Gli incidenti stradali sono considerati l'ottava causa di morte a livello mondiale tra gli adulti, con un impatto simile a quello causato da diverse malattie trasmissibili e rappresentano la principale causa di morte per i giovani di età compresa tra 15-29 anni. Il trend attuale, inoltre, stima che senza adeguate contromisure gli incidenti stradali diventeranno la quinta principale causa di morte entro il 2030. Il peso di questo problema non è distribuito in maniera uniforme nei vari paesi ed è fonte di una crescente disuguaglianza verso i Paesi in via di sviluppo. L'OMS, al fine di contenere il problema, fornisce indicazioni per implementare strategie ed azioni strutturate e multisettoriali tese al miglioramento della sicurezza stradale. Gli Stati devono quindi avviare un processo più organico rispetto al problema e soprattutto intensificare il supporto per la prevenzione degli incidenti stradali tramite l'emanazione di leggi complete e chiare, comprensive di sanzioni di tipo penale. Le informazioni e i dati raccolti relativi al fenomeno dovrebbero essere più sistematici e comparabili, le campagne di sensibilizzazione più strutturate e maggiori dovrebbero essere le risorse economiche messe a disposizione. Urge investire sempre di più in azioni e interventi efficaci ed efficienti volti alla riduzione del numero dei decessi e dei feriti sulle strade, perché i dati in Europa, seppur in calo, rimangono ancora eccessivamente alti⁴. Riassume lo scenario l'infografica in Figura 1.1.

Figura 1.1 Infografica di ricapitolazione dello scenario attuale sugli incidenti stradali.

Osservando lo scenario nazionale, tra il 2010 e il 2020 l'Italia è cambiata profondamente, il calo demografico è netto, il reddito disponibile delle famiglie rimane più o meno fermo. L'Italia secondo l'annuario statistico dell'AcI, le automobili che circolavano sulle strade del nostro Paese erano 36.751.311 milioni nel 2010. Un numero che è salito fino a 39.717.874 nel 2020 nonostante sia stato il periodo di crisi per il Covid, ad oggi (2022) abbiamo circa 39.823.000 auto in circolazione, le auto ibride ed elettriche rappresentino soltanto il 2,9% (nel 2020 era dell'1,5%). Il dato delle auto elettriche si fermano addirittura allo 0,3% mentre la

⁴ Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. Verso uno spazio europeo della sicurezza stradale: Orientamenti 2011-2020. Bruxelles: Commissione Europea; 2010.

popolazione residente italiana secondo l'Istat è passata da 59,949 a 59,258 milioni di abitanti. Il rapporto tra popolazione e autoveicoli è salito a 0,67 pro-capite (0,61 nel 2010) ma sottraendo la popolazione fino a 18 anni (compresi), pari a 9,83 milioni, emerge che gli italiani in età da patente di guida possiedono quasi un autoveicolo a testa (0,80) iper via di un'abitudine a compiere anche gli spostamenti più brevi in autonomia e, nonostante i crescenti servizi di sharing e proprietà flessibili, l'auto di proprietà rimane un caposaldo della cultura italiana. A confermarlo è una ricerca condotta dal comparatore web Confused.com⁵ che ha stilato la classifica delle nazioni europee con più automobili per persona dove al secondo posto c'è l'Italia, con 663 automobili ogni 1.000 abitanti. Questi dati dimostrano quanto la popolazione italiana sia legata al concetto di indipendenza negli spostamenti: sia nel caso di necessità private che lavorative, l'utilizzo dell'automobile privata si concretizza in un fattore culturale e sociale che non ha mai conosciuto grandi crisi dal boom economico degli anni Sessanta, ma è anche vero che mancano alternative infrastrutturali veloci in gran parte del Paese, che continua a contare per lo più su una rete autostradale molto ramificata; inoltre l'Italia ha una delle flotte di autoveicoli più vecchie, tanto che nel 2018 i veicoli altamente inquinanti erano pari al 45% della flotta totale e al 59% del trasporto pubblico. Nonostante un sensibile aumento delle vendite registrato nel 2020, il numero delle auto elettriche o ibride resta invece irrisorio rispetto al parco auto circolante (appena lo 0,1% del totale). Pare dunque che nel contesto italiano la transizione ecologica verrà posticipata: si prevede un lieve calo degli spostamenti, ma se la cosiddetta "mobilità dolce" (biciclette e monopattini) "non decolla", ci si aspetta una caduta di circa il 20% dell'utilizzo del mezzo pubblico con un parallelo aumento dell'utilizzo dell'auto privata che dal 44,1% dovrebbe arrivare a coprire quasi la metà degli spostamenti. Il Covid ha convinto gli italiani che il mezzo più sicuro per spostarsi è l'automobile privata.

Analizzando i dati relativi agli incidenti in Italia, secondo il rapporto ACI-ISTAT⁶ nel 2019 sulle strade italiane si sono registrati 172.183 incidenti con lesioni a persone, che hanno causato 3.173 decessi e 241.384 feriti, con una media di 472 incidenti, 9 morti e 661 feriti ogni giorno. In Italia gli incidenti stradali sono la prima causa di decesso tra gli under 40⁷.

⁵ Confused.com è una piattaforma di confronto di servizi finanziari con sede nel Regno Unito specializzata nel confronto di servizi assicurativi e finanziari
<https://it.motor1.com/news/592266/classifica-europea-auto-per-persona/>

⁶ Automobile Club Italia (ACI), Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT).

⁷ https://www.istat.it/it/files/2021/07/Incidenti-stradali_2020.pdf

Lo scenario nazionale rispecchia quello europeo, seppur ci sia stato un leggero miglioramento nella percentuale di vittime. I valori rimangono tuttavia troppo alti e preoccupanti, con un tasso di mortalità in Italia per un campione di un milione di abitanti pari al 52,6%, di poco superiore a quello europeo che raggiunge il 48,1%.

La Figura 1.2 offre una panoramica dei progressi nazionali nella riduzione del numero di morti sulla strada e del numero di feriti gravi (basato su ciascuna definizione nazionale) negli ultimi dieci anni. Il grafico dimostra che i due parametri si sono mossi di pari passo. La variazione media annua 30 dei decessi stradali è tracciata sull'asse orizzontale e la variazione media annua degli infortuni gravi sull'asse verticale, mentre le medie UE ,rispettivamente di -2,9% e -3,8%, sono indicate da linee tratteggiate verticali e orizzontali. Gli indicatori verdi vengono utilizzati per i paesi che hanno ottenuto risultati migliori rispetto alla media dell'UE nella riduzione sia dei decessi che delle lesioni gravi; gli indicatori rossi per quelli al di sotto della media dell'UE e gli indicatori gialli per tutti gli altri: migliori della media nei decessi ma non in caso di lesioni gravi o viceversa. Dal 2011 Grecia, Norvegia, Belgio, Cechia, Lussemburgo, Estonia, Polonia, Croazia e Germania hanno ottenuto risultati migliori rispetto alla media dell'UE nel ridurre sia le lesioni gravi che i decessi stradali. I tassi di riduzione annuali delle lesioni gravi sono anche correlati ai tassi di segnalazione.

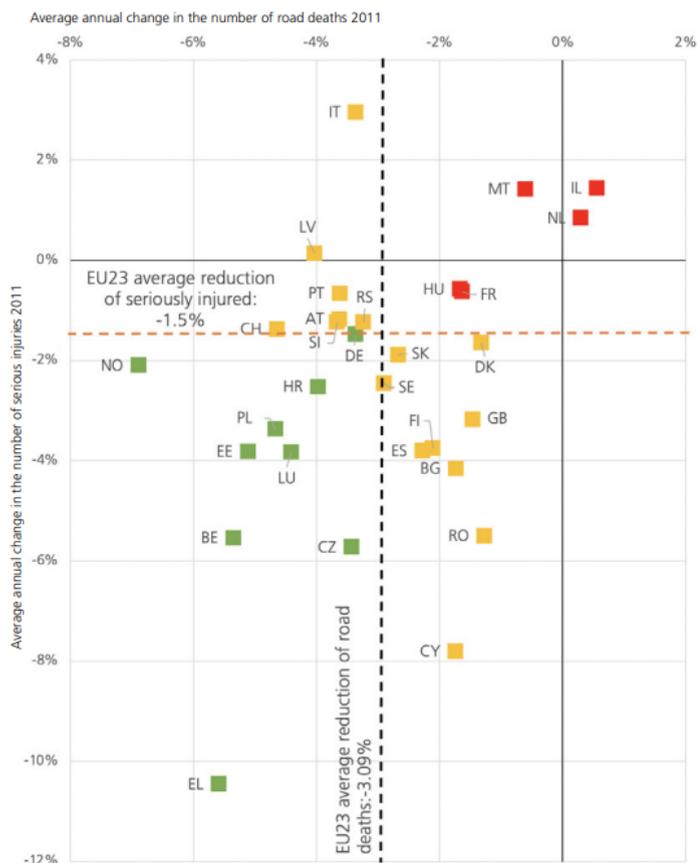


Figura 1.2 Variazione media annua stimata del numero di feriti gravi secondo la definizione nazionale nel periodo 2011-2021 per i paesi in cui sono disponibili dati, tracciata rispetto alla variazione media annua stimata dei decessi stradali nello stesso periodo.

Tra gli elementi impattanti anche nel campo dell'automotive viene preso in considerazione l'arrivo della pandemia da Covid-19 che ha modificato radicalmente le abitudini con consistenti ripercussioni sulla mobilità che, con ogni probabilità, si protrarranno anche nel futuro. Dall'analisi quotidiana dei dati di incidentalità si registrano diminuzioni che toccano anche punte del 90% durante il mese di aprile *DI QUALE ANNO; l'indice di decremento degli incidenti stradali si attesta su una media di circa il 72% a marzo e dell'83% ad aprile 2022. Le vittime diminuiscono del 62% a marzo e del 74% ad aprile. Sulle strade europee circa 20.000 persone hanno perso la vita in un incidente stradale. Nel periodo 2011-2021, in Europa, la diminuzione delle vittime per incidente stradale è stata del 31%, con un risparmio di oltre 57mila vite (57.095) e più di 64 miliardi di euro in costi sociali. Una riduzione annuale pari al 13%, ancora influenzata dalle limitazioni alla circolazione imposte a causa

dell'emergenza Covid-19, come emerge dal nuovo rapporto dell'European Transport Safety Council (ETSC)⁸. Tra i Paesi che hanno ridotto maggiormente il numero di vittime sulle strade nel 2021 rispetto al 2019 (il 2020 non è significativo a causa della pandemia), Malta 44%, seguita da Danimarca 32%, Belgio 25%, Polonia 23%, Spagna 22%, Lituania 21%. Diminuzioni meno consistenti in Portogallo (-18%), Germania (-16%), Repubblica Ceca (-14%), Cipro, Svezia ed Austria (-13%). La Commissione Europea ha stimato che in Europa 120.000 persone riportino lesioni gravi a seguito di incidente stradale; il rapporto con i decessi è di sei ad uno. I pochi dati collezionabili mostrano una decrescita sicuramente più lenta rispetto al numero dei morti: nell'ultimo decennio i feriti gravi sarebbero diminuiti solo del 18,5% circa.

Analizzando nel dettaglio come si è evoluto lo scenario dal 2011 al 2021 grazie all'analisi del PIN⁹, nonostante l'UE 27 abbia ridotto collettivamente il numero di morti sulla strada del 31% nel decennio in esame (Figura 1.3), sono stati registrati 19.823 morti sulle strade dell'UE nel 2021, 57.095 in meno rispetto alle previsioni nel caso in cui l'indice di mortalità fosse proseguito con lo stesso livello del 2011 (Figura 1.4).

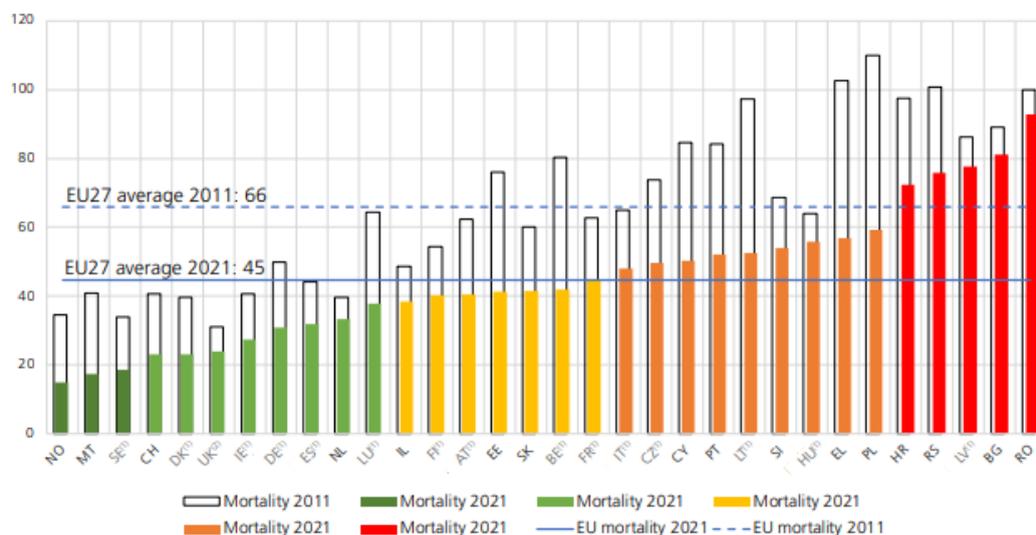


Figura 1.3 Mortalità (morti stradali per milione di abitanti) nel 2021 (con la mortalità nel 2011 per confronto).

⁸ ETSC, organizzazione no-profit indipendente con sede a Bruxelles, impegnata nella riduzione di morti e feriti nei trasporti in Europa

⁹ Il programma PIN (Road Safety Performance Index) dell'ETSC è stato istituito nel 2006 in risposta al primo obiettivo di sicurezza stradale fissato dall'Unione Europea

I progressi complessivi nella riduzione dei decessi sulle strade dell'UE sono stati positivi dal 2011 al 2014 con una diminuzione del 16%; tuttavia al buon inizio sono seguiti cinque anni di stagnazione con una riduzione solo del 7% nel periodo 2015-2019. Nel 2020 si è registrato un eccezionale calo del 17% rispetto al 2019, il cui dato è da porre in stretta correlazione alle restrizioni di viaggio in tutta Europa causate dalla pandemia di Covid-19. Anche il 2021 ha registrato un calo consistente del 13% rispetto al 2019, ma il numero di morti sulla strada è aumentato del 5% rispetto al 2020, influenzato da un graduale allentamento delle restrizioni di viaggio. I progressi nella riduzione dei gravi incidenti stradali nell'ultimo decennio nell'UE 2310 collettivamente sono stati scarsi, soprattutto rispetto alla riduzione delle vittime della strada: si riscontra solo una riduzione del 18% nel periodo 2011-2021, mentre il numero dei feriti gravi è rimasto pressoché invariato fino al 2019, con un calo del 13% nel 2020 e dello 0,5% nel 2021. Gli eccezionali risultati del 2020 e del 2021, tuttavia, sono in gran parte una conseguenza degli eccezionali blocchi alla circolazione imposti a causa della pandemia delle misure associate: non c'è dunque garanzia che questo progresso possa essere mantenuto.

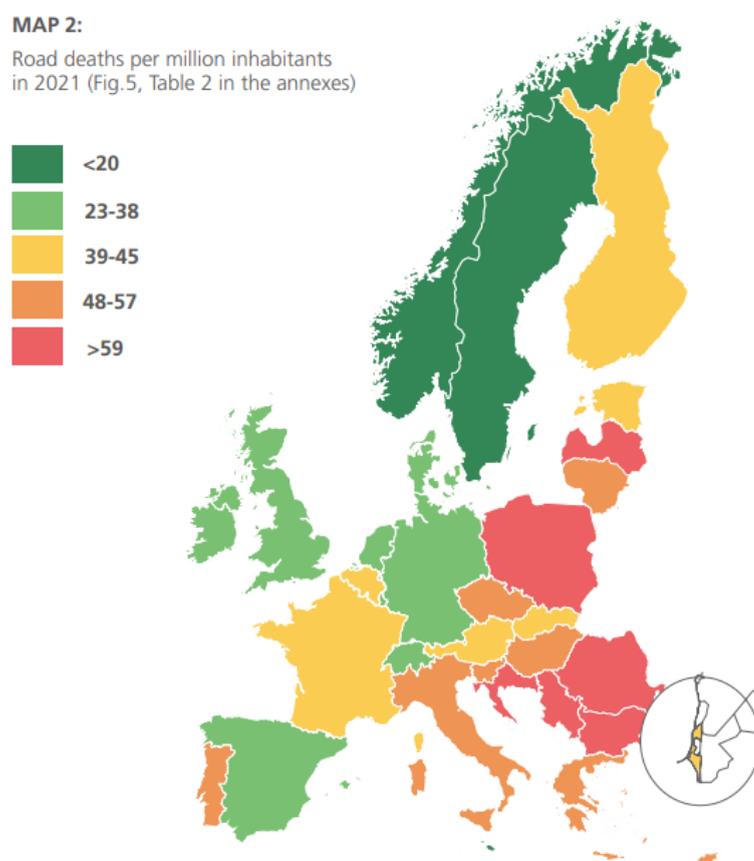


Figura 1.4 Morti stradali per milione di abitanti nel 2021.

Il bilancio preliminare pubblicato dalla Commissione Europea circa gli incidenti stradali in Europa segnala come il numero delle vittime della strada sia tornato a crescere del 5% nel 2021, equivalente a 1.000 persone in più che hanno perso la vita rispetto al 2020. Il bilancio europeo sottolinea che si tratta comunque di un saldo del -13% rispetto al periodo pre-Covid, cioè quasi 3.000 decessi in meno. Secondo il rapporto, l'aumento dei decessi da incidenti stradali in tutta Europa è fortemente influenzato dall'andamento del livello di traffico durante la pandemia: tra il 2019 e il 2020, il numero di vittime della strada risulta diminuito del 17%, ma nonostante questo è in forte aumento: in Italia ad esempio, in ben 17 province su 107 i morti nel 2021 sono aumentati rispetto al 2019, inoltre si sono generati nuovi atteggiamenti pericolosi alla guida come la minore percezione del rischio da parte dei conducenti per la presenza di meno veicoli sulla strada o l'idea di una ridotta applicazione delle sanzioni durante il lockdown.

Su 32 paesi monitorati dal programma PIN, 25 hanno registrato una diminuzione dei decessi stradali nel 2021 rispetto al 2019 (Figura 1.5), con Malta che si classifica al primo posto con una riduzione del 44% del numero di morti sulla strada tra il 2019 e il 2021, a cui seguono Danimarca, Norvegia, Belgio, Polonia e la Lituania.

Per raggiungere l'obiettivo dell'UE per il 2030, le vittime della strada dovrebbero diminuire del 6,1% ogni anno, utilizzando il 2019 come anno di riferimento. Ciononostante, gli eccezionali risultati del 2021 possono ancora essere in larga misura attribuiti a blocchi e restrizioni legati alla pandemia al punto che indagini sull'impatto del Covid-19 sul comportamento alla guida in Grecia dimostrano che durante il lockdown di marzo e aprile 2020, il traffico volumi calati ma allo stesso tempo nella media velocità aumentate dal 6 all'11%, brusca accelerazione e gli eventi di frenata brusca sono aumentati fino al 12% e l'uso del cellulare al volante è aumentato 42%.

Di conseguenza si conferma quanto da Antonio Avenoso, Direttore di ETSC, secondo cui «Nonostante un forte calo dei decessi stradali negli ultimi due anni, la pandemia di Covid-19 non ha 'immunizzato' l'Europa contro i decessi e gli infortuni sulle strade»¹⁰.

¹⁰

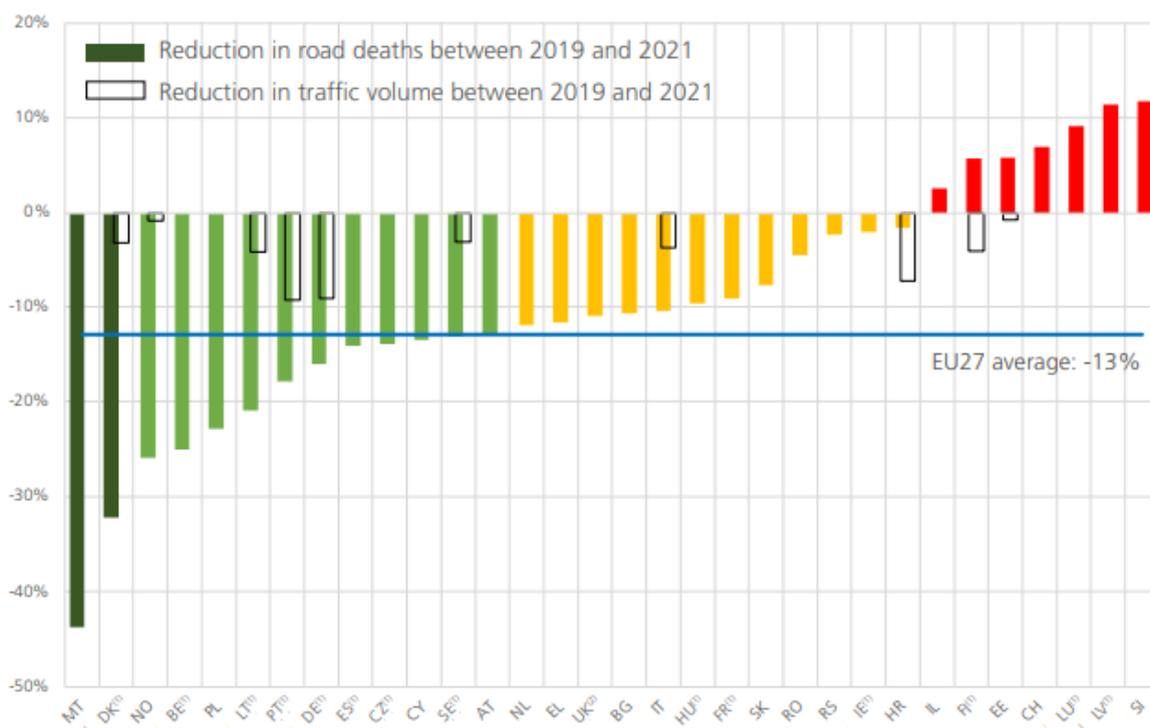


Figura 1.5 Variazione relativa dei decessi stradali tra il 2019 e il 2021 e corrispondente variazione percentuale del volume di traffico.

1.1 Cause degli incidenti stradali

Gli incidenti stradali sono misurati in termini di numero di persone ferite e di decessi che causano, siano essi immediati o entro 30 giorni dall'incidente, a esclusione dei suicidi che coinvolgono l'uso di autoveicoli stradali. La parte più deleteria è che spesso non si impara dai propri errori sulla strada durante la guida: la maggior parte degli utenti della strada conosce abbastanza bene le regole generali e le misure di sicurezza, ma il lassismo causa incidenti.

I dati ufficiali di ISTAT e ACI hanno restituito la classifica delle cause di incidenti stradali riferite all'anno 2020, anno che vedeva l'Italia in piena crisi sanitaria ed economica. Le misure adottate dal Governo per contrastare la pandemia hanno influito sull'incidentalità stradale riducendo notevolmente i sinistri fino a registrare quasi il -40% di incidenti in

autostrada, il -31,7% su strade urbane e il -27,5% su strade extraurbane. Sulle strade urbane il 45,6% degli incidenti sono avvenuti su un rettilineo, il 40,5% in prossimità degli incroci, il 7,2% in curva e il 5,2% in corrispondenza di una rotonda. Anche sulle strade extraurbane si ritrova un'alta percentuale di incidenti sul rettilineo pari al 55,6%, il 23,1% in curva e il 15,7% nei pressi di un incrocio. I luoghi dove si verificano maggiormente i sinistri coincidono con la classifica delle tre cause principali di incidenti stradali: guida distratta, mancata precedenza e alta velocità, quest'ultima causa in aumento da 9,3% a 10%. I tre gruppi costituiscono complessivamente il 40,2% dei casi (60.981). Si precisa che la rilevazione condotta dall'ISTAT include solo le circostanze accertate o presunte per i conducenti dei primi due veicoli coinvolti nell'incidente. Gli incidenti che coinvolgono tre o più veicoli nel 2020 sono l'8,4% del totale¹¹. L'indagine ISTAT e ACI ha elaborato una classifica sulle cause di sinistri sia su strade urbane che extraurbane. La graduatoria vede ai primi posti:

1. distrazione del conducente, spesso attribuita all'utilizzo di smartphone durante la guida.
2. Mancato rispetto della segnaletica stradale: stop, semaforo e dare precedenza.
3. Velocità elevata e non rispetto dei limiti consentiti.

Di seguito le prime dieci cause di incidenti con la percentuale totale dell'incidentalità su strade urbane ed extraurbane:

1. guida distratta o indecisa con il 15,7 %;
2. mancata precedenza o non rispetto del semaforo o dell'agente con il 14,5%;
3. velocità troppo elevata o mancato rispetto dei limiti di velocità con il 10%;
4. mancata distanza di sicurezza con il 8,7%;
5. manovra irregolarmente con il 7,5%;
6. svoltava irregolarmente con il 2,2%;
7. procedeva contromano con il 2,1%;
8. sorpassava irregolarmente con l'1,8%;
9. ostacolo accidentale con il 2,5%;
10. animale domestico o selvatico urtato con lo 0,2%.

¹¹ <https://www.6sicuro.it/blog/classifica-incidenti-stradali-cause-statistiche/>

Gli incidenti accertati da Polizia e Carabinieri (nel complesso il 12,7%) evidenziano un aumento rispetto al 2019, nonostante il periodo con diminuzione di incidenti, dei sinistri causati dall'uso di droga e alcool. Per il 2021 la Polizia di Stato mette in evidenza un aumento del 26,7% degli incidenti rispetto al 2020, con il 15,5% di incidenti mortali, il 26,9% di incidenti con lesioni e il 25,7% di incidenti con feriti .

In sintesi, osservando lo scenario europeo si può dire che il 40-41% degli incidenti stradali derivano soprattutto da comportamenti errati. Tra i più frequenti si confermano la distrazione alla guida che rappresenta i $\frac{3}{4}$ degli incidenti che equivalgono a 8 decessi al giorno; successivamente in graduatoria si riscontra il mancato rispetto della precedenza e la velocità troppo elevata mentre a basso impatto, ma pur sempre nelle cause, sussegue la sonnolenza con il peso di $\frac{1}{5}$ degli incidenti stradali e l'inesperienza di guida.

Al fine comprendere le abitudini del conducente e validare i dati già riportati, è stata considerata una ricerca statistica dalla quale si evince che ammonta al 97% la media degli intervistati che riconosce la rischiosità di inviare o leggere e-mail e SMS quando si guida. Nonostante questo dato, tuttavia, il 25% del campione afferma di "non poter fare a meno" di avere il cellulare fra le mani. Molto alta in proporzione, e pari al 10%, la quota di coloro che riconoscono di aver avuto un incidente o averlo sfiorato proprio a causa dell'uso improprio del telefonino in auto: fortunatamente sta salendo la percentuale di chi adopera il Bluetooth, oggi al 48% e in crescita del 6% rispetto al 2017.

«Molti conducenti in Europa sono aggressivi, eccessivamente fiduciosi o autoreferenziali al volante, non rispettano le più elementari regole del Codice e, addirittura, non si comportano rispettando una pur minima cautela. Nei Paesi in cui i comportamenti responsabili sono i più condivisi il numero di vittime sulle strade è più basso. Quindi, è tempo che ognuno di noi accetti di rivedere il proprio comportamento per contribuire attivamente alla propria sicurezza e a quella degli altri»¹²: è quanto sostiene Bernadette Moreau, delegato generale della fondazione Vinci Autoroutes – divisione del gestore francese di reti autostradali, aeroporti e infrastrutture – sulla base di oltre 12.400 interviste effettuate agli automobilisti europei, di cui 1.000 in Italia.

¹²<https://www.ilfattoquotidiano.it/2019/05/21/europei-ed-italiani-in-auto-aggressivi-e-indisciplinati-soprattutto-in-autostrada/5195608/>

In sintesi, il comportamento alla guida delle persone che adoperano le autostrade europee sta peggiorando: crescono la disattenzione e anche gli atti di vera inciviltà, al contempo si sta instaurando un'eccessiva confidenza nelle proprie capacità al volante, mentre aumentano i rischi legati alla sonnolenza in viaggio. Quest'ultimo problema è legato a un malcostume diffuso e relativo alla cattiva preparazione ai lunghi viaggi: l'85% degli intervistati (in crescita del 4% rispetto al 2017) ammette di andare a letto tardi la sera prima della partenza e un altro 10% confessa di aver rischiato un incidente per essersi assopito alla guida o aver avuto un vero e proprio colpo di sonno in auto¹³.

La ricerca di ANAS S.p.A.¹⁴ sui fattori soggettivi degli incidenti stradali, ha stabilito che la causa principale degli incidenti stradali è costituita dall'alterazione cognitiva dei processi di attenzione del guidatore, che può essere determinata da fattori psicologici, da stili di vita "irregolari" ovvero da stress o da stanchezza.

La ricerca¹⁵ ha delineato i quattro stili di guida degli italiani: 1) I Travellers, che effettuano per lo più lunghi spostamenti con le proprie auto e in compagnia. Il loro ruolo di "capofamiglia" li responsabilizza verso un atteggiamento di guida rilassato e diligente; 2) Gli Heavy Users, che sono coloro che vivono praticamente in auto o nei Tir per motivi di lavoro. L'elevato grado di confidenza nel mezzo, l'esperienza accumulata e la rilevanza del fattore tempo nel loro lavoro, li spinge non di rado a violare i limiti di velocità e a manifestare irrequietezza nella guida; 3) I Frequent Movers, che utilizzano i mezzi privati (automobile, moto, scooter) per tutti gli spostamenti, per lo più intraurbani. Spesso non sono soli, ma ciò non li frena dal commettere a volte le infrazioni più comuni. In costante tensione per i ritardi accumulati, mostrano poca attenzione e un atteggiamento di guida intollerante nei confronti del traffico; 4) I Road Runners, che sono coloro che a bordo di macchine sportive (o presunte tali) o su moto di grossa cilindrata, ostentano una guida aggressiva immedesimandosi con personaggi dell'immaginario collettivo (attori o corridori professionisti, da Schumacher a Valentino

¹³ Emerge dall'edizione 2019 del "Barometro Europeo della Guida Responsabile", realizzato da IPSOS per conto di Vinci Autoroutes.

¹⁴ Anas appartenente al Gruppo Ferrovie dello Stato si occupa di progettazione - a partire dallo studio di fattibilità e dalla valutazione dell'impatto ambientale - delle strade italiane, fino alla costruzione e alla successiva manutenzione, ordinaria e straordinaria.

¹⁵ Ricerca condotta dall'Istituto Piepoli con il patrocinio del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti e su incarico dell'Anas Spa, della Fipe e del Silb.

Rossi). Spesso si tratta di giovani che inseguono il mito della velocità e l'affermazione sociale vantandosi della loro "tecnica" di guida con gli amici ed ingaggiando vere e proprie sfide con sconosciuti.

Le cause principali degli incidenti sono state raggruppate in quattro macrocategorie: fattori culturali, stile di vita, fattori psicologici affettivo-emozionali e fattori cognitivi, il più importante è la distrazione.

1.2 Fattori scatenanti

Il comportamento stradale è influenzato dall'approccio culturale della società in cui l'individuo si trova ad agire. Per esempio prima dell'introduzione della patente a punti era molto diffuso tra gli automobilisti un atteggiamento di non rispetto delle regole. Anche il poco senso civico e la scarsa educazione stradale contribuiscono a generare comportamenti a "rischio di incidenti".

I dati dell'indagine sottolineano come alcuni stili di vita improntati alla ricerca dell'iper-stimolazione (uso/abuso di droga, alcool, farmaci, vita notturna eccessiva) possano contribuire al verificarsi di incidenti. Gli abusi, come è noto, portano a delle alterazioni cognitive quali il rallentamento dei tempi di reazione e di percezione, la diminuzione del grado di attenzione.

In generale gli stati d'animo di intensità eccessiva, sia positivi (euforia, gioia, allegria) che negativi (frustrazione e rabbia), sembrano essere cause determinanti di incidenti stradali, soprattutto tra i giovani. Il mutamento dell'umore, infatti, incide sui livelli di attenzione, abbassandoli drasticamente, sui tempi di reazione e sulla valutazione soggettiva del rischio.

Dalle ricerche condotte si è potuto evincere quelli che sono i macro-fattori principali che conducono il conducente alla distrazione. Innanzitutto esistono indubbiamente dei tratti della personalità che rendono un soggetto più a rischio di incidenti; quanto più questi tratti sono marcati e patologici, tanto più il rischio aumenta, perché l'aggressività e l'insicurezza vanno a diminuire il grado di focalizzazione del soggetto sul comportamento di guida.

I fattori psicologici che contribuiscono a determinare i sinistri stradali sono riconducibili a due polarità di fondo: la prima riguarda l'aspetto temporale dell'alterazione, se cioè si tratta di un'alterazione di tipo caratteriale stabile, connessa alle caratteristiche individuali del soggetto, oppure se si tratta di un'alterazione di tipo occasionale, connessa allo stato d'animo del momento; la seconda riguarda la principale segmentazione dei disturbi psichici, da un lato la tendenza all'aggressività (mania), dall'altro la tendenza alla depressione (melanconia).

I maniacali sono gli individui portati, per carattere intrinseco, a controllare nei minimi particolari la realtà che li circonda con tendenze ossessive che li inducono a dimenticare la realtà esterna. Sono tendenzialmente euforici, ottimisti e rivolti al futuro e tendono inoltre a essere competitivi, in quanto la loro spinta interiore li porta a privilegiare il proprio punto di vista, la propria realtà, imponendola in un certo senso agli altri. Ciò li spinge ad essere automobilisti aggressivi, se non altro perché tendono a considerare poco il mondo esterno, e quindi gli altri, oppure a imporre agli altri il proprio predominio.

I depressi sono invece gli individui portati ad essere riflessivi, con forti spinte all'introspezione e con tendenza a nutrire sensi di colpa; sono tendenzialmente melanconici, pessimisti e rivolti al passato. Poiché sono rivolti più a sé che al mondo esterno, tendono a essere poco attenti, poco presenti, impegnati più nelle proprie fantasie interiori che nella realtà. Ciò li spinge ad essere automobilisti distratti, con una percezione della realtà esterna poco attenta e con una capacità di riflessi rallentata.

I frustrati sono tendenzialmente depressi episodici, che a causa di avvenimenti della propria vita di vario genere attraversano stati d'animo negativi, e quindi sono portati ad essere disattenti, distratti, poco consapevoli delle problematiche della guida.

Un'altra categoria di automobilisti riscontrata dall'indagine sulle cause caratteriali dello stato emotivo alla guida è quella degli euforici. L'euforia è uno degli stati d'animo più diffusi tra le cause di incidenti stradali, soprattutto tra i giovani: le cause possono essere di tipo esogeno (alcol, droghe, ecc.) o puramente endogeno (successi personali, gratificazioni, momenti di benessere, ecc.). Il risultato è la sensazione di sentirsi particolarmente sicuri di sé e "padroni del mondo", con la voglia di manifestare attraverso una guida brillante e disinibita l'intima sensazione di onnipotenza procurata da questa emozione. L'aggressività in questi casi è la conseguenza indiretta di tale sensazione di onnipotenza, che si traduce in noncuranza degli altri. E' da notare come l'aggressività possa essere conseguenza di un fattore occasionale (stati d'animo di euforia) o di un fattore stabile (carattere maniacale).

E' altrettanto indubbio come, al di là delle caratteristiche individuali, vi siano come causa degli incidenti stradali alcuni deficit di attenzione che portano l'automobilista a essere più a rischio di incidenti, deficit che possono essere dovuti non a fattori psicologici ma a fattori fisici, quali lo stress o la stanchezza.

Il direttore di Affari Generali e di Nuove Strategie dell'Anas, Carlo Sgandurra, ha evidenziato come «i risultati della ricerca confermano che la causa principale degli incidenti stradali è riconducibile a comportamenti del guidatore, quali lo stile di vita, lo stress, la stanchezza o addirittura l'abuso di sostanze alcoliche o stupefacenti, che diminuiscono i livelli di attenzione, oppure la leggerezza o il machismo, che portano a non rispettare le norme del codice. Per ridurre il numero degli incidenti, è necessario continuare – come già oggi accade sulle strade direttamente gestite dall'Anas – ad investire nei più moderni sistemi di sicurezza, dalle barriere di nuova concezione alle pavimentazioni drenanti, e a curare la manutenzione della rete, ma occorre agire anche sui fattori soggettivi»¹⁶.

È necessario analizzare il fattore noto come distrazione cognitiva o mentale che si verifica quando l'attenzione del conducente è impegnata in altre attività che non sono necessarie per una guida sicura. Ciò richiede risorse mentali che sarebbero effettivamente necessarie per l'esecuzione impeccabile del compito di guida.

Secondo il modello di Matthews¹⁷, la guida è stressante quando interagiscono fattori di stress ambientale quali scarsa visibilità, cattive condizioni della strada o ingorghi stradali e fattori di personalità. Per esempio, lo stress è vissuto soggettivamente come paura, rabbia o fatica. In un sondaggio (Evers, 2010) condotto su 555 conducenti di camion, è stata analizzata l'influenza dello stress e della tensione sul comportamento nel traffico. Dall'indagine è emerso che i conducenti lavorano in media 63,2 ore alla settimana, di cui 46,6 sono ore di puro periodo di guida. Nell'80,1% dei casi gli autisti lavorano nel trasporto su lunga distanza. Circa un terzo dei conducenti di solito non torna a casa per circa una settimana. I conducenti hanno spesso citato le condizioni del traffico come un gravame particolare, soprattutto le insufficienti possibilità di riposo, il comportamento ostruzionistico, rischioso o aggressivo di altri utenti della strada, strade cattive, l'alta densità di traffico e la congestione. Ma i problemi di tempo sono anche stressanti nel settore privato (tempo libero, famiglia) e in quello logistico (ritardi di carico, pianificazione inadeguata dei percorsi).

¹⁶ <https://www.stradeanas.it/en/incidenti-stradali-e%E2%80%99-la-distrazione-la-causa-principale>

¹⁷ Gerald Matthews, Modello M International spa.

Il fatto che i gravami percepiti soggettivamente siano associati anche a un certo rischio di incidenti sembra comprensibile in modo intuitivo. Tuttavia, è difficile dimostrarlo sulla base delle statistiche sugli incidenti, perché in questo caso la causa dell'incidente è di solito ciò che la polizia determina quando viene chiamata. Si desume quindi che alcune cause dei sinistri non possano essere registrate statisticamente perché gli incidenti non vengono segnalati, ad esempio, se si verifica un danno di lieve entità in un singolo fatto. D'altro canto le cause di incidenti provocati dallo stress, come la distrazione, l'irrequietezza o la fatica, sono difficili da determinare a posteriori per la polizia. A differenza di alcol o droghe nel sangue, non vi è alcuno strumento di misurazione per queste situazioni. Già nel 1995 un'indagine condotta tra i conducenti di camion coinvolti in incidenti ha rivelato indicazioni sulla misura in cui la distrazione, lo stress o la stanchezza svolgano un ruolo determinante in un incidente: dei 55 conducenti coinvolti nell'incidente, 15 hanno individuato nell'eccessiva stanchezza la causa del sinistro, 10 nella fretta o nella pressione del tempo, 8 nella distrazione da stimoli esterni. Alla domanda sulla propria condizione psico-fisica immediatamente prima dell'incidente, 21 degli intervistati hanno risposto con "arrabbiato", 17 con "inquieto", 12 con "stanco" e 10 con "aggressivo". In questo contesto è chiaro che il comportamento dei conducenti e il loro stato d'animo in caso di sinistro sono importanti, anche se non possono essere rispecchiati nelle statistiche sugli incidenti stessi. Nel 2013 il Ministero dei Trasporti britannico ha riferito che la distrazione nel veicolo ha avuto un ruolo determinante in 2.995 incidenti (3% di tutti gli incidenti), di cui in 84 casi si è trattato di sinistri mortali, con un'incidenza del 6% su tutti gli incidenti con vittime.

Importante da analizzare tra i fattori è il cosiddetto "killer silenzioso" ovvero la sonnolenza al volante. In primis è da rintracciare la definizione di stanchezza dal momento che alcuni conducenti non ne conoscono i sintomi e possono persino non rendersi conto di essere stanchi fino a quando non si verifica un incidente. Si tratta di una condizione che si manifesta sul piano fisiologico, cognitivo ed emotivo riducendo le capacità fisiche e mentali dei conducenti con conseguenze come la perdita di controllo al volante, ridotti tempi di reazione, incapacità di controllare la velocità, distrazione e mancata percezione del rischio. Sentirsi stanchi non è una decisione consapevole o pianificata, ma piuttosto un processo psicofisico autonomo. Gli incidenti dovuti alla stanchezza sono spesso caratterizzati da una significativa perdita di controllo che determina una variazione involontaria della traiettoria del veicolo e dall'assenza di risposta frenante. I sinistri stradali che coinvolgono veicoli pesanti sono generalmente più gravi e causano gravi conseguenze per tutti i mezzi coinvolti perché la dimensione e la stazza

dei veicoli hanno una forza maggiore e più distruttiva. Nel 2016 in Europa (in base agli ultimi dati disponibili del database CARE dell'UE), 4.002 persone hanno perso la vita in incidenti stradali in cui erano coinvolti camion, e 594 persone in incidenti con autobus e pullman. Un elenco esaustivo dei sintomi della stanchezza del conducente può non essere universalmente condiviso, ma è ampiamente riconosciuto tra i conducenti di autobus, pullman e camion che la stanchezza alla guida costituisce un problema grave in tutt'Europa. Per molti conducenti, la stanchezza è una caratteristica del loro mestiere.

La sonnolenza alla guida, pur essendo all'origine di molti incidenti, è ancora sottostimata come fattore determinante di rischio. Le statistiche indicano genericamente come prima causa di incidente stradale la "distrazione", spesso frutto proprio della stanchezza e della sonnolenza del guidatore. Quest'ultima quasi mai viene presa in esame di per sé come "causa", messa in ombra da fattori più evidenti e misurabili (velocità eccessiva, situazione meteo, condizioni del veicolo etc.). Eppure basterebbe sapere che:

- l'eccessiva sonnolenza è associata approssimativamente (come causa diretta o concausa) a un quinto degli incidenti stradali ed è una delle principali cause di incidenti mortali in autostrada;
- dormire meno di 5 ore per notte aumenta di 4,5 volte la probabilità di avere un incidente stradale;
- stare svegli per 24 ore induce errori alla guida simili a quelli commessi da chi ha livelli di alcool nel sangue uguali o superiori a 1,00 g/l;
- le persone affette dalla sindrome delle Apnee Ostruttive nel Sonno (OSAS) - il più frequente tra i disturbi patologici del sonno e le altre cause mediche della sonnolenza - hanno un rischio di incidente stradale da 2 a 7 volte superiore a quello osservato nelle persone sane. Tale rischio è più che doppio rispetto a quello imputabile all'abuso di alcool e/o al consumo di tranquillanti o cannabis;
- gli incidenti causati dal cosiddetto "colpo di sonno" sono i più gravi, con un elevato rischio di mortalità dovuto alla totale inazione del guidatore che, addormentandosi, non ha consapevolezza dell'imminente pericolo;
- i pericoli connessi alla sonnolenza aumentano con l'aumentare delle ore trascorse al volante senza pausa. Particolarmente a rischio sono gli autisti professionali e chi percorre lunghi tragitti in auto, soprattutto nelle prime ore del mattino o durante la notte.

Non sono solo i fattori sopra trattati a influire negativamente sulla guida di un autoveicolo, ma bisogna considerare anche gli stili di guida irregolari: ad esempio l'utilizzo dei telefoni cellulari e di altri dispositivi elettronici rappresenta una delle principali fonti di distrazione del conducente, come dimostra lo studio condotto dall'agenzia NHTSA¹⁸ che stima che 660.000 conducenti utilizzino un qualche tipo di dispositivo elettronico durante la guida. Le statistiche evidenziano che anche distogliere lo sguardo dalla strada verso un telefono cellulare per alcuni secondi può causare un incidente. Non è che si possa guardare velocemente dal momento che ogni volta che qualcuno interagisce con un cellulare, il cervello impiega 13 secondi per concentrarsi nuovamente sul compito da svolgere. Di tutte le distrazioni causate dal cellulare, leggere e mandare SMS durante la guida è il più grande indicatore del motivo per cui un cellulare dovrebbe essere spento quando si è al volante. L'invio di messaggi di testo alla guida causa il 25% di tutti gli incidenti stradali, ovvero 1 su 4. Lo studio dell'NHTSA ha rilevato che l'invio o la lettura di messaggi di testo distolgono gli occhi di un guidatore dalla strada per 5 secondi o più, che equivale a guidare con gli occhi bendati per la lunghezza di un campo da football, con la conseguenza che sia 6 volte più probabile causare un incidente stradale rispetto alla guida in stato di ebbrezza.

La prima categoria di guidatori ad apportare maggiori incidenti sono gli autisti inesperti, nonostante tutti i conducenti corrono un rischio molto elevato di crash quando usano i loro telefoni. Ad esempio impostare il navigatore sul telefono può essere conveniente, ma è una funzione che può distogliere significativamente l'attenzione di un guidatore dalla strada una volta che ci si mette al volante. Per quanto riguarda adolescenti e cellulari, oltre il 21% dei giovani conducenti coinvolti in incidenti stradali conferma di essere stato distratto con il cellulare mentre guidava.

Oltre all'utilizzo dei telefoni cellulari, gli adolescenti sono inclini a una guida distratta: uno studio condotto dell'AAA¹⁹ ha rilevato che gli adolescenti che guidano con un passeggero aggiuntivo in macchina hanno il doppio delle probabilità di essere coinvolti in un incidente d'auto e cinque volte di più mentre guidano con due o più passeggeri in macchina.

¹⁸ NHTSA, La National Highway Traffic Safety Administration, è un'agenzia governativa statunitense facente parte del Dipartimento dei Trasporti. Essa descrive la sua missione nel seguente modo: "salvare vite, prevenire infortuni in seguito ad incidenti, ridurre il numero di incidenti imputabili ai veicoli".

¹⁹ Triple A è una società italiana disegnata sul modello dei grandi studi di consulenza americani. La nostra missione è quella di curare i diversi adempimenti legati alle attività economiche e imprenditoriali.

Non sono solo gli adolescenti a distrarsi facilmente. La genitorialità è un'altra causa comune di distrazione tra i conducenti. Quando i bambini piccoli sono in macchina, è molto più probabile che gli adulti siano distratti al volante per tenere sotto controllo il figlio o semplicemente per assisterlo. Con i bambini più piccoli in macchina, i genitori hanno l'87% di possibilità di essere distratti mentre sono al volante.

Ultima ma non meno impattante è la modalità multitasking, ovvero l'aggiungere un semplice atto di prendere un oggetto - un cellulare, un panino, una bibita, una borsa - aumenta le possibilità di un incidente d'auto di circa 8 volte; mangiare durante la guida è la causa del 2% degli incidenti stradali durante la guida distratta. I conducenti hanno una probabilità tre volte maggiore di incorrere a un incidente quando si riservano di bere il caffè in auto, come spesso accade in America.

Il problema della guida distratta rappresenta dunque un rischio significativo per la sicurezza. Leggere e mandare SMS, parlare al cellulare, giocherellare con un sistema di navigazione, assistere un figlio o mangiare al volante sono cause comuni di sinistri per guida disattenta. Guidare in maniera distratta mette in pericolo non solo il conducente e i suoi passeggeri, ma anche gli altri utenti della strada, dagli altri conducenti ai pedoni.

2. La distrazione

Il termine “distrazione” deriva dal latino *distractus*, participio passato di *distrahere*, ossia separare²⁰. Distrarsi equivale dunque a separare, deviare l’attenzione dal compito primario che si sta svolgendo, un’alterazione cognitiva dei processi di attenzione a causa di diversi fattori.

Ogni anno nel mondo le principali agenzie di sicurezza stradale registrano una significativa quantità di morti causate da distrazioni al volante: le prime vittime sono spesso i conducenti che perdono di vista la strada e la segnaletica; non di rado anche pedoni e ciclisti entrano nell’infausta casistica. Queste ultime categorie sono da sempre parti deboli sul fronte della sicurezza stradale rischiando troppo spesso di finire sulle cronache in condizioni di incolpevolezza, oppure distratti dai loro device portatili o dall’uso di auricolari. Come conferma l’osservatorio dell’ASAPS²¹, la maggior parte degli incidenti mortali in cui sono coinvolti i pedoni non è più causato dalla velocità, ma ultimamente la causa è da ricercarsi nella distrazione alla guida che porta a rallentare troppo tardi, a perdere metri preziosi, quindi a uccidere. In queste situazioni i giovanissimi rappresentano in assoluto la categoria più a rischio rispetto agli effetti (spesso mortali) della guida distratta.

Con una velocità di 50 km/ora servono 12 m per frenare in tempo, la distrazione allunga il tempo di reazione infatti la velocità di reazione nel veicolo di solito è di due secondi ma se il conducente è distratto questa si allunga di un terzo. Di conseguenza anche lo spazio di frenata è più lungo: con un tempo di reazione di tre secondi, in autostrada i conducenti prima di essere in grado di agire in qualche modo percorrono 100 metri, ossia l’equivalente di un campo di calcio.

Nell’ultimo anno l’incremento delle multe per utilizzo di apparecchi elettronici durante la guida ha toccato il 26%. Un dato allarmante che sembra confermare la tendenza a non guardare la strada durante la guida. A destare maggiore preoccupazione è però la distrazione che accompagna troppo spesso gli spostamenti in automobile: 3 incidenti stradali su 4 sono provocati proprio dalla scarsa concentrazione. Notoriamente gli automobilisti italiani sono restii a osservare da subito e alla lettera le regole del Codice della Strada, ma il dato italiano è in perfetta sintonia con la tendenza europea che conferma la distrazione come causa del 75% dei sinistri. E come per la controparte europea, anche in Italia è lo smartphone a catalizzare l’attenzione degli automobilisti, distogliendoli dalla guida.

La campagna #guardalstrada di ACI collima con l’ambizioso obiettivo europeo di ridurre gli incidenti mortali del 50% entro il 2020 e recita:

²⁰ Treccani Enciclopedia Italiana di scienze, lettere ed arti.

²¹ ASAPS, l’Associazione Amici della Polizia Stradale.

«3 incidenti su 4 sono dovuti alla distrazione. Una delle cause principali di distrazione è lo smartphone. Chattare, scattare o vedere selfie e foto significa distogliere l'attenzione dalla strada da 1 a 4 secondi: un tempo infinito. Quando siamo al volante, 1 solo secondo a 50 all'ora vuol dire 15 metri di buio, di perdita totale di controllo della strada. 4 secondi sono più di 60 metri e in 60 metri può succedere di tutto.»²²

I dati ACI e ISTAT, purtroppo, confermano che nonostante il calo dovuto al lockdown nel periodo pandemico da Covid-19 quest'obiettivo è fallito.

2.1 Disturbi dell'attenzione

Nello studio condotto per il progetto europeo TRACE²³ sono state analizzate le EDA²⁴ come base dei dati; queste, realizzate presso l'INRETS (Istituto Nazionale francese per la Ricerca sui Trasporti e la Sicurezza), sono elementi dettagliati raccolti da team multidisciplinari sulle scene degli incidenti stradali: per produrne una si eseguono quasi 900 variabili per infortunio, ne vengono eseguite tra le 25 e le 50 all'anno. Con questo strumento originale è stata svolta una ricerca analizzando dei dati che sono stati utilizzati per la definizione finale delle difficoltà che causano incidenti incontrate dai conducenti. Questa metodologia nell'ambito del progetto ha permesso di differenziare tre tipi di disturbi dell'attenzione: disattenzione, distrazione e competizione per l'attenzione.

I problemi attentivi sono stati considerati da molti autori (es. Hendricks et al., 1999; Lee & Strayer, 2004) come una delle principali cause di incidenti stradali, ma i risultati lasciano presumere una certa vaghezza nozionale. Una delle difficoltà deriva dal fatto che questo termine è spesso usato nel linguaggio quotidiano per descrivere, in modo molto generale, una scarsa attenzione riservata all'attività. Ma questa insufficienza attenzionale può assumere forme diverse che è utile precisare dal punto di vista di un'analisi scientifica dei meccanismi dell'incidente.

²²<https://www.6sicuro.it/incidente-stradale/incidenti-stradali-causa-distrazione/#:~:text=La%20campagna%20%23guardalastada%20di%20ACI,di%20distrazione%20%C3%A8%20lo%20smartphone.>

²³ Traffic Accident Causation in Europe.

²⁴ EDA – Études Détaillées des Accidents studiare i processi disfunzionali del sistema stradale e di determinare le cause e le conseguenze degli incidenti, sulla base dei dati raccolti sul luogo degli incidenti

La disattenzione corrisponde a una focalizzazione dell'attenzione sui pensieri del guidatore a scapito del compito di guida. La distrazione spiega una focalizzazione attenzionale su un elemento esterno alla guida, a scapito del compito primario. La competizione per l'attenzione provoca un focus attenzionale parziale su una componente del compito di guida a scapito di un'altra. In sintesi, l'interferenza attenzionale nasce dalla competizione tra due fonti di informazione: la prima fonte di informazioni è sempre il compito guida nel suo insieme o uno dei suoi sottocompiti, la seconda fonte di informazione può essere interna al soggetto (disattenzione), esterna al soggetto e al compito di guida (distrazione), oppure esterna al soggetto ma concernente il compito di guida (competizione per l'attenzione). I dati raccolti sono volti a coprire le tre componenti del sistema stradale (Uomo – Veicolo – Ambiente), concentrandosi in particolare sui fenomeni di interazione.

L'analisi di un caso porta alla ricostruzione di uno scenario attuale che traccia la monografia delle circostanze che hanno portato a un particolare incidente. Quindi uno scenario prototipo è un raggruppamento di diversi scenari che hanno una somiglianza familiare nel modo in cui sono accaduti. Comprendono diversi elementi che vengono utilizzati per collegare la serie di processi di guasto osservati e gli elementi nel contesto di guida che hanno permesso che si verificassero. Questi scenari prototipici collegano i meccanismi generici dei compiti che i conducenti cercano di svolgere, elementi endogeni ed esogeni che spiegano le situazioni disfunzionali, le disfunzioni che ne derivano e le ripercussioni che questi guasti hanno sulle manovre intraprese.

La situazione pre-incidente descrive l'attività che l'utente stava tentando di eseguire quando è apparso il processo disfunzionale; il fallimento funzionale è l'incapacità momentanea di una funzione sensoriale, cognitiva o motoria di gestire una difficoltà, che porta a un'interruzione nella gestione della situazione. Queste disfunzioni sono delineate in un modello di classificazione in sei categorie: le prime cinque si riferiscono a una delle varie fasi di elaborazione coinvolte nell'attività di guida (percezione, diagnosi, prognosi, decisione, esecuzione); l'ultimo corrisponde a un'alterazione di tutta questa catena funzionale come si può osservare in alcuni casi infortunistici (c.d. disfunzioni generali); Gli elementi esplicativi sono relativi ai principali parametri del contesto di guida che favoriscono la comparsa di una disfunzione. Questi elementi caratterizzano la strada, il veicolo, il conducente, gli altri utenti e le condizioni in cui l'attività viene svolta. Gli elementi esplicativi sono stati classificati in base ai loro corrispondenti disturbi dell'attenzione (disattenzione, distrazione e competizione per

l'attenzione). Gli elementi esplicativi relativi all'attenzione sono suddivisi in 3 categorie di problemi di attenzione che possono verificarsi singolarmente o simultaneamente.

La disattenzione, è un basso livello di attenzione (nel senso psicologico di allocare risorse di attenzione al compito generale di guida, ad esempio un itinerario di svago). Essa si suddivide in: Distrazione mentale (pensieri, preoccupazioni); Guida in modalità “automatica” (basso livello di attenzione legato alla lunga esperienza con l'itinerario e/o alla sua monotonia); Guida in modalità “automatica” (basso livello di attenzione legato alla lunga esperienza con la manovra); Distrazione esterna (esterna al conducente: all'interno o all'esterno del veicolo); Esecuzione di un'attività secondaria senza alcun collegamento diretto alla guida; Concorso per l'attenzione come un problema direzionale di attenzione (es. navigazione); Difficoltà ad identificare un potenziale rischio in una determinata componente della situazione (focus). Altri elementi esplicativi che sono corollari di elementi legati all'attenzione possono essere quelli relativi alle condizioni di visibilità, al tipo di strada, all'esperienza, ecc. questi possono spiegare l'errore di un conducente. Un certo livello di compromissione dell'attenzione è coinvolto in ogni fase disfunzionale della guida, ma la fase di percezione è probabilmente la più vulnerabile ai problemi di attenzione. Infatti, il raggruppamento degli infortuni per categorie di disfunzioni indotte da problemi di attenzione mostra un'elevata percentuale di disfunzioni percettive il 48,7%.

Con inattenzione, ci si riferisce ai problemi di disattenzione del conducente riguardano per lo più carenze percettive nel 38,4% dei casi. La disattenzione porta anche a errori nella fase di elaborazione delle informazioni. Infatti, il 23,4% dei problemi riscontrati si trova in fase di diagnosi e il 20,7% in fase di prognosi. Più in dettaglio, in oltre il 10% dei casi di disattenzione sono coinvolti solo tre problemi dettagliati: i fallimenti percettivi, si riferisce “all’acquisizione di informazioni di corridoio” nel 14,4%, si osserva il comportamento nell'intreccio di incroci con un veicolo in arrivo nel 45,8% dei casi. Solitamente, questa disfunzione si verifica nei casi in cui gli autisti conoscono molto bene l'itinerario nel 71,3% dei casi. Spesso la visibilità è limitata dalla conformazione della strada, dagli alberi, dalla segnaletica nel 28,5% o da altri veicoli nel 26,4%. L'acquisizione delle informazioni è superficiale o frettolosa e non consente ai conducenti di rilevare un veicolo che interferisce con la manovra intrapresa. Vanno considerati anche gli errori di percezione come "Trascurare

le richieste di acquisizione delle informazioni" nel 13,1%, compare in genere quando i conducenti "pensano a qualcos'altro". Questo si verifica solitamente in situazioni di traffico stabilizzato al 56,3%, cioè nel traffico su rettilinei e quando interferisce un veicolo più lento al 38,4% o uno che cambia direzione al 8,4%. La buona conoscenza dell'itinerario nel 70,1% dei casi o della manovra (11,8%) è in gran parte responsabile di questi guasti. Ulteriori elementi esplicativi endogeni possono essere un rigido attaccamento allo stato di precedenza al 29,6% o la guida a una velocità troppo elevata per la situazione al 15,7% sono co-esplicativi dei guasti. Gli errori diagnostici sono la "Valutazione errata di una difficoltà stradale" nell'11,5% corrisponde a una scarsa valutazione di una difficoltà temporanea relativa all'infrastruttura. La distribuzione delle diverse situazioni pre-incidente in questo fallimento è abbastanza chiara: l'84,6% delle persone coinvolte è sorpreso da una curva difficile. Tale insuccesso si spiega in buona parte con la monotonia e/o l'abitudine di guidare l'itinerario al 64,4% o la manovra al 15,9%. I conducenti che guidano troppo veloci per il contesto sono l'81,6% e non valutano le difficoltà che possono incontrare (curva stretta, zigzag) nel 60,3% dei casi.

Tra le variabili che caratterizzano la distrazione impattante nell'ambito della percezione vi è anche la competizione per l'attenzione. In quanto è stato testato (Figura 2.1) che nel raggruppamento degli incidenti per categorie di distrazione si può notare la predominanza del processo percettivo al 78,3% raggiunto quando i conducenti si confrontano con la competizione per l'attenzione. Vediamo principalmente l'emergere di un tipo specifico di fallimento percettivo che da solo colpisce più di due terzi del campione inerente alla competizione per l'attenzione, infatti lo riscontriamo nei fallimenti percettivi di acquisizione focalizzata delle informazioni al 71,8%, si riferisce all'attenzione focalizzata del conducente su un aspetto parziale della situazione a scapito di altre informazioni rilevanti. Questa focalizzazione durante l'acquisizione delle informazioni è una caratteristica dei conducenti sottoposti a concorrenza per l'attenzione. Infatti, le carenze della competizione tra conducenti per l'attenzione si manifestano principalmente in situazioni complesse: attraversamento di un incrocio senza diritto di precedenza con interferenza di un veicolo su strada con diritto di precedenza al 15,7% o cambio di direzione con interferenza di un veicolo su strada al 20,7%. In questo fallimento, la competizione dei conducenti per l'attenzione può essere spiegata nel 78,7% dei casi dall'identificazione di un potenziale rischio in una componente della situazione, portandoli a trascurare un altro elemento. In un quarto dei casi, la disfunzione può essere spiegata da una scarsa esperienza stradale al 37,7% e da un problema di navigazione al 36,6%.

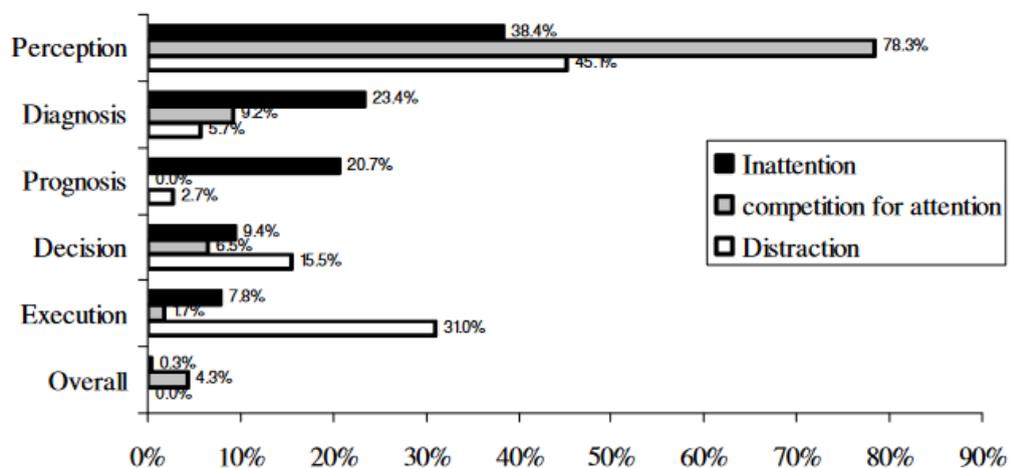


Figura 2.1 Distribuzione delle categorie di disfunzione tra i conducenti con uno dei tre problemi di attenzione

Nella distrazione lo studio delle categorie di disfunzione nella guida mostra che i conducenti distratti hanno principalmente distrazioni percettive nel 45,1% dei casi o nell'esecuzione della loro azione al 31%. Tra i tre gruppi di disturbi relativi ai problemi di attenzione (disattenzione, distrazione, competizione per l'attenzione), solo la distrazione del conducente determina una percentuale così elevata di guasti nell'esecuzione di un'azione sui comandi del veicolo. Tutti i fallimenti percettivi sono più rappresentati al 45,1%, ma il fallimento “problema di guida”, da solo, rappresenta il 28,3% dei casi. Tra i fallimenti percettivi, il fallimento “Interruzione nell'acquisizione delle informazioni” riguarda il 24,6% degli automobilisti. Tutti gli utenti coinvolti in questo tipo di disfunzioni interrompono temporaneamente la sorveglianza del proprio ambiente di guida. Questi casi si verificano principalmente in condizioni di guida stabilizzata al 100% e più precisamente in un rettilineo con interferenza di un veicolo più lento che precede al 69,9%. Questi insuccessi sono spiegati nell'86,3% dei casi dall'esecuzione di un'attività secondaria senza alcuna relazione diretta con l'attività di guida e, nel 13,7% dei casi, da una distrazione esterna. Tale insuccesso è anche co-spiegato dai vincoli temporali dell'itinerario al 60,3% o della manovra al 30,1% e dalla banalizzazione di una situazione potenzialmente pericolosa al 30,1%. Pertanto, i conducenti si trovano incapaci di rilevare un elemento o un evento rilevante per l'attività di guida in tempo per elaborare una strategia adeguata per gestire la situazione. Il guasto “Problema di guida” compare nel 100% dei casi in una situazione di guida stabilizzata dove l'unica richiesta è guidare il veicolo. Più precisamente, nel 78,6% dei casi, l'avaria si verifica durante la guida su

un rettilineo o dietro una curva facile. Queste situazioni con bassi vincoli di attenzione sono favorevoli alla distrazione o all'assunzione di un altro compito. Questi guasti possono essere spiegati in tutti i casi: implementando un altro compito che non ha nulla a che fare con il compito di guida al 66,7% e/o attirando l'attenzione del conducente su un elemento esterno al 44%. Questi elementi di attenzione, combinati con altri fattori come la velocità eccessiva per la situazione al 57,1% o l'assunzione di rischi nel contesto della guida giocosa al 21,4%, spiegano il problema dell'orientamento. Un certo livello di compromissione dell'attenzione è coinvolto in ogni fase disfunzionale della guida, ma la fase della percezione è probabilmente la più vulnerabile ai problemi di attenzione. Pertanto, un problema di attenzione di solito porta a un fallimento percettivo che contribuisce direttamente o indirettamente al crollo della situazione. In secondo luogo, sembra che i problemi di attenzione siano legati alla conoscenza di un itinerario o alla sua monotonia (in particolare disattenzione e distrazione). In altre parole, l'esperienza del conducente condiziona quindi la raccolta di informazioni, focalizzando l'attenzione su alcuni componenti della situazione trascurando altre informazioni e provocando la mancanza di attenzione nella guida. I risultati mostrano anche l'importanza di distinguere tra tre tipi di difetti di attenzione: disattenzione, distrazione e competizione per l'attenzione. A seconda del problema in questione: le situazioni in cui si verificano le distrazioni differiranno, le distrazioni causate da questi tre problemi di attenzione non sono gli stessi. Pertanto, trattare i difetti di attenzione come un gruppo omogeneo comporterebbe una grave perdita di informazioni e confusione tra i diversi problemi.

I problemi di disattenzione sono di gran lunga i più comuni nel 62% dei casi. Gli incidenti legati a problemi di disattenzione sembrano più probabilmente incoraggiati da un itinerario noto e/o monotono che consente ai conducenti di guidare in modalità automatica e di perdersi nelle proprie preoccupazioni. Tipicamente, la disattenzione provoca disfunzioni percettive che impediscono ai conducenti di rilevare interferenze a causa di una raccolta di informazioni eccessivamente sommaria e/o affrettata o semplicemente perché il livello di attenzione è così basso da non rendere possibile l'elaborazione di informazioni visive anche se si trovano direttamente in il campo visivo. Inoltre, al di là dei problemi percettivi indotti dalla mancanza di attenzione, la disattenzione spiega anche il verificarsi di errori diagnostici. I problemi di competizione per l'attenzione nel 13,2% dei casi si manifestano in situazioni complesse o sconosciute, in cui molte informazioni devono essere trattate contemporaneamente. Ma essendo limitate le capacità di attenzione, la competizione tra due sotto-compiti guida di solito provoca un focus attenzionale parziale su una componente del sotto-compito a scapito di un

altro. Pertanto, la competizione per l'attenzione porta più comunemente a fallimenti percettivi, ma questo fallimento è originato dal sovraccarico del sistema cognitivo e da una strategia di ricerca di informazioni compromessa. La distrazione è il problema di attenzione meno comune nel campione studiato nel 6,7% dei casi. La distrazione è un fenomeno complesso che può essere causato da un eccesso di informazioni (in area urbana) così come da una mancanza di informazioni a disposizione degli utenti (in area non urbana), portandoli a distrarsi da un altro compito. Pertanto, il conducente distratto tende a distogliere lo sguardo dalla scena stradale, causando errori di rilevamento e di esecuzione del motore. In questi casi di incidente, il conducente è spesso in ritardo nel prendere coscienza della situazione, rendendola irrecuperabile e l'incidente inevitabile. I problemi di distrazione causano principalmente errori nell'esecuzione di un'azione; sono gli unici problemi di attenzione che causano questo tipo di fallimento in una proporzione così ampia. Pertanto, i problemi di attenzione negli incidenti stradali costituiscono un campo di studio complesso che riguarda tutti i conducenti. I problemi di attenzione in incidentologia sono diversi e tale diversità è essenziale da considerare per definire con precisione le loro caratteristiche (le situazioni in cui intervengono, i guasti funzionali che provocano, i fattori associati, le popolazioni a rischio, ecc.) per ogni tipo di problema di attenzione. In altre parole, questo studio integra le conoscenze fondamentali sui processi attenzionali nella situazione di guida. Ma queste conoscenze acquisite saranno utili anche per definire sviluppi ergonomici ottimizzati per combattere in modo più efficace i vari problemi di attenzione e per adattare di conseguenza nuovi dispositivi di ausilio alla guida.

2.2 Europa e Italia

Considerando il mercato europeo, e in particolare il caso italiano, si può partire dal 2018: in occasione del noto incidente sull'A1 a Borgo Panigale, causato probabilmente proprio da un momento di distrazione, Alessio Nisi segnala per l'AGI come il tema dell'attenzione alla guida fosse sempre più importante nel discorso pubblico sulla sicurezza stradale. In base al report ACI-ISTAT annuale del 2018, tra il 2016 e il 2017 il numero delle vittime della strada aveva subito un incremento di quasi il 3%, sfiorando le 3400 vittime su base annua. Sempre

secondo uno studio ACI del 2016, si ipotizzava che in Italia 3 incidenti su 4 fossero dovuti a distrazioni di varia natura del conducente.

Nel corso degli anni sono stati testati vari strumenti finalizzati alla soluzione del problema “distrazione al volante”, come app mobile disponibili per piattaforme Android e iOS, oltre a impostazioni di sicurezza introdotte negli aggiornamenti firmware direttamente dai produttori dei dispositivi, per limitare le distrazioni provenienti dai dispositivi tech durante la guida.

A settembre 2019 la compagnia di assicurazioni Linear Unipol ha condiviso le statistiche italiane stese nel consueto report congiunto di ACI e dell’ISTAT. Nel 2018, si legge nel report, quasi il 41% degli incidenti stradali era stato causato da distrazione al volante, mancata precedenza e eccesso di velocità, e il numero di decessi sulle strade italiane era rimasto sostanzialmente fermo rispetto all’anno precedente, mentre era aumentato quello delle vittime in autostrada. Il report si chiude con una constatazione non felice: dato l’obiettivo europeo di dimezzare il numero delle vittime stradali nel decennio 2010-2020, il calo registrato tra 2010 e 2018 era stato solo del 2,6%, davvero troppo poco.

Per gli ultimi 2 anni solari di cui si hanno dati disponibili al momento, ovvero 2019 e 2020, il 2020, l’anno della pandemia e dei diversi lock-down generalizzati che di fatto hanno limitato giocoforza la circolazione stradale, ha mostrato un significativo calo degli incidenti stradali.

Focalizzando l’attenzione sul 2019, cominciava comunque a scendere il numero dei decessi stradali in modo più significativo rispetto all’anno precedente con un -4,8% su base annua, un dato finalmente incoraggiante. Distrazioni, mancate precedenza ed eccessi di velocità restavano però le tre cause principali, assestandosi sul 38% dei casi in esame, con un leggerissimo calo rispetto al 2018. Nel 2019, secondo i dati dell’Istat, la fascia d’età con più vittime in seguito ad incidenti stradali è stata quella degli anziani tra 75 e 89 anni.

Tornando all’anno 2020, come anticipato, considerando i mesi da Gennaio a Settembre si è potuto verificare che l’impatto delle restrizioni per il Covid-19 ha significativamente ridotto i veicoli circolanti, e quindi le morti sulla strada. Si parla infatti di un calo di oltre il 26% rispetto allo stesso periodo del 2019, una differenza molto molto significativa. In particolare il calo degli incidenti è stato del 72% a marzo e dell’85% ad aprile durante il lockdown duro generale. Nei comuni capoluogo, incidenti e decessi si sono ridotti di oltre il 70% a marzo e di oltre l’80% ad aprile.

3. Stato dell'arte: l'automobile

Già da tempo l'intelligenza artificiale è usata per migliorare la sicurezza alla guida. Nonostante la crescente diffusione di tecnologia a bordo dei veicoli, tuttavia, più di un milione di persone vengono uccise e cinquanta milioni rimangono gravemente ferite a causa di incidenti stradali. A causarli sono quasi sempre gli stessi motivi: eccesso di velocità, distrazione (es. guidare mentre si è al telefono), guida sotto effetto di alcool e/o stupefacenti, così come il "sempreverde" mancato utilizzo delle cinture di sicurezza. Come si può vedere, anche nel 2022 si assiste alle medesime cause di morte su strada, con motivazioni che si ripetono nella storia in maniera quasi cadenzata. Ad esempio, secondo l'agenzia non-profit britannica Global NCAP vi è ancora troppo clamore intorno all'intelligenza artificiale, alla sicurezza stradale e ai veicoli a guida autonoma: l'attenzione dovrebbe essere focalizzata su ciò che abbiamo a portata di mano, non su «lontane promesse utopiche»²⁵. I sostenitori della prudenza guardano alle tecnologie benefiche e a basso costo che sono già disponibili.

Un aiuto si concretizza grazie all'intelligenza artificiale, peraltro già utilizzata da tempo per migliorare la sicurezza alla guida. Basti pensare alle varie app per smartphone che monitorano il comportamento al volante e premiano i guidatori virtuosi, oppure si pensi ai veicoli connessi che comunicano tra loro e con le infrastrutture stradali. Si andrà ora ad analizzare quello che è presente attualmente sul mercato e come si pensa di svilupparlo per il futuro della sicurezza stradale .

3.1 Tecnologie ADAS

I sistemi avanzati di assistenza alla guida (ADAS - Advanced Driver Assistance System) sono stati sviluppati per più di dieci anni con lo scopo di ricercare una maggiore sicurezza nel mondo delle automobili. Combinando una serie di sensori, per lo più radar e telecamere connessi con potenti centraline elettroniche, la tecnologia ha offerto scoperte promettenti all'inizio dell'ultimo decennio. Entro il 2012 diverse ricerche accademiche avevano dimostrato che la frenata di emergenza automatizzata (AEB) stava riducendo gli incidenti al retrotreno del 40% e aveva la capacità di ridurre i decessi associati del 15%. Questo è stato il momento in cui l'idea della cosiddetta visione zero si è diffusa a livello globale. L'alta tecnologia

²⁵<https://www.agendadigitale.eu/cultura-digitale/incidenti-stradali-cosa-puo-fare-lia-per-ridurli-stato-dellarte-e-aspettative/>

potrebbe fare qualcosa per la vita delle persone e il mito dell'ADAS è stato gonfiato oltre ogni clamore.

Nell'industria automobilistica funzionalità come i sistemi avanzati di assistenza alla guida, l'infotainment connesso all'interno del veicolo (IVI) e i sistemi di guida autonoma (ADS) emergenti sono molto importanti, rendendo i veicoli più sicuri e migliorando l'esperienza di guida. Tuttavia stanno anche creando nuovi requisiti che stanno aumentando la complessità e rendendo lo sviluppo del prodotto più costoso e dispendioso in termini di tempo.

Le case automobilistiche si trovano ad affrontare pressioni per includere le funzionalità più recenti contenendo i costi, riducendo al minimo il consumo di energia e garantendo che i sistemi elettronici siano affidabili, sicuri e protetti per tutta la vita del veicolo. Soddisfare queste aspettative richiede nuovi approcci alla connettività in-car, in particolare le interfacce a livello fisico che collegano sensori e display alle relative unità di controllo elettroniche (ECU).

Nel 2021 la società di ricerca Canalis ha stimato che circa un terzo dei nuovi veicoli venduti nei principali mercati come Stati Uniti, Europa, Giappone e Cina avevano caratteristiche ADAS, prevedendo inoltre che metà di tutte le auto in circolazione nel 2030 saranno state abilitate ai sistemi avanzati di assistenza alla guida.

Le piattaforme ADAS avanzate possono utilizzare fino a 12 o più telecamere, insieme a sensori radar, lidar e ultrasuoni, per funzionalità di sicurezza come visibilità a 360 gradi, assistenza al mantenimento della corsia, riconoscimento dei segnali stradali e frenata di emergenza automatica. Molti veicoli hanno anche telecamere interne per monitorare l'attenzione del conducente. I veicoli autonomi sono dotati di un numero ancora maggiore di sensori e i requisiti di risoluzione e prestazioni stanno crescendo su tutta la linea. (Figura 3.1)

Types of Sensors Found in Automobiles

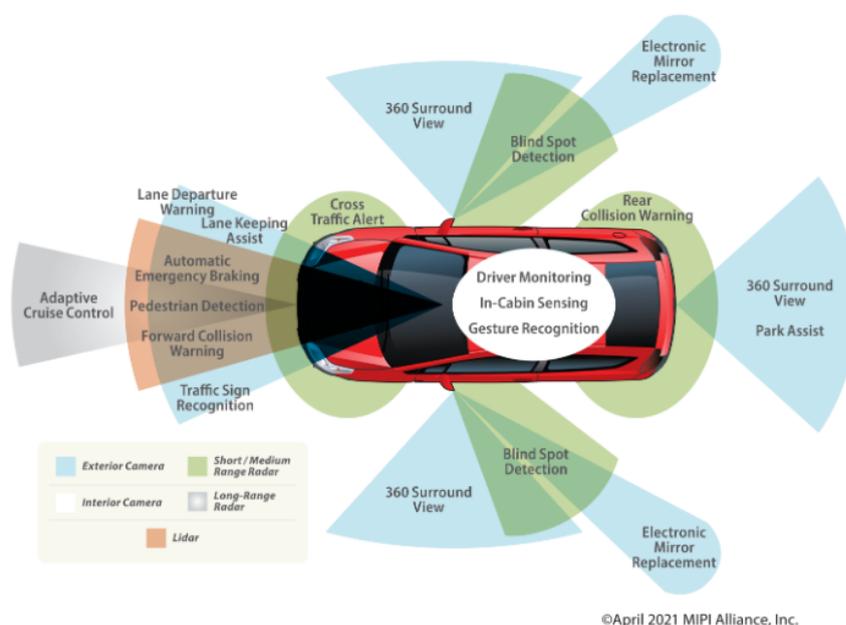


Figura 3.1 I veicoli con ADAS o ADS sono dotati di un'ampia gamma di telecamere e sensori per una visibilità a 360 gradi, sollevando nuovi requisiti per la connettività all'interno dell'auto. (Fonte: MIPI Alliance)

Le nuove funzionalità elettroniche richiedono anche più display, più grandi e con una risoluzione più elevata. Sono già comuni cabine di pilotaggio digitali con indicatori elettronici, display head-up e specchietti virtuali che utilizzano telecamere esterne al veicolo. I display del pannello centrale, del lato passeggero e dei sedili posteriori sono in continuo miglioramento per sfruttare le crescenti fonti di intrattenimento, navigazione e informazioni locali basate sul cloud.

La società di ricerca IHS Markit²⁶ ha previsto che entro il 2026, il 34,1% delle nuove autovetture avrà quadri strumenti digitali e il 41% dei display della pila centrale misurerà 9 pollici o più. I display IVI superano comunemente le dimensioni di 12 pollici, con risoluzioni fino a 3840×2160 pixel e in aumento. I progressi tecnologici aggiungono requisiti indispensabili, infatti la proliferazione di questi componenti solleva problemi in merito alle prestazioni, alla complessità e alla sicurezza della rete. Il collegamento di più componenti ai processori, tramite collegamenti che possono estendersi sull'intero veicolo, aumenta la complessità della rete. Tradizionalmente, ogni sensore o unità display ha il proprio cablaggio alla centralina associata, aumentando il peso e il costo di produzione del cablaggio stesso. Nel

²⁶ IHS Markit Ltd è un fornitore di informazioni globale con sede a Londra costituito nel 2016 con la fusione di IHS Inc. e Markit Ltd. Alcune parti dell'azienda sono antecedenti al 1800.

frattempo l'aumento della risoluzione e della frequenza dei fotogrammi per l'acquisizione e la visualizzazione delle immagini sfida gli OEM²⁷ a fornire più larghezza di banda su ciascun collegamento senza aggiungere cablaggio.

Con la crescita dei casi d'uso critici per la sicurezza, le interfacce automobilistiche richiedono caratteristiche di sicurezza funzionali per soddisfare i requisiti del settore, come la conformità allo standard ISO 26262²⁸ per raggiungere i livelli di integrità della sicurezza automobilistica²⁹ (ASIL) da B a D³⁰. I collegamenti tra i sensori di bordo e le centraline elettroniche devono essere protetti in tutte le condizioni e per tutta la vita del veicolo, per evitare che dati errati o mancanti causino errori del conducente o del veicolo. Lo stesso vale per i collegamenti dalle centraline ai display utilizzati in applicazioni come feed video da telecamere di backup e assistenza al parcheggio.

Un approccio standardizzato alla connettività di sensori e display diventa un vero e proprio potere in quanto può aiutare i produttori a soddisfare questi requisiti. Può eliminare l'integrazione e i test costosi e dispendiosi in termini di tempo di soluzioni proprietarie, che possono ritardare l'introduzione di nuove funzionalità. L'interoperabilità basata su interfacce standard consente inoltre a un numero sempre maggiore di nuovi attori di entrare nel mercato, offrendo agli OEM più fornitori tra cui scegliere.

²⁷ Original equipment manufacturer (OEM, lett. "produttore di apparecchiature originali") è un'azienda che realizza a proprio marchio un prodotto, esempio è il costruttore del veicolo.

²⁸ ISO 26262 è uno standard internazionale per la sicurezza funzionale dell'industria automobilistica. La norma si applica ai sistemi elettrici ed elettronici costituiti da componenti hardware e software montati sui veicoli. Definisce i requisiti che devono essere soddisfatti per la sicurezza del sistema, dei processi, dei metodi e degli strumenti utilizzati nel loro iter di sviluppo.

²⁹ Il livello di integrità della sicurezza automobilistica è uno schema di classificazione del rischio definito dalla norma ISO 26262 - Sicurezza funzionale per i veicoli stradali. Si tratta di un adattamento del Safety Integrity Level (SIL) utilizzato nella norma IEC 61508 per l'industria automobilistica. Questa classificazione aiuta a definire i requisiti di sicurezza necessari. L'ASIL viene stabilito eseguendo un'analisi del rischio di un potenziale pericolo osservando la gravità, l'esposizione e la controllabilità dello scenario operativo del veicolo. L'obiettivo di sicurezza per quel pericolo a sua volta porta i requisiti ASIL.

³⁰ Ci sono quattro ASIL identificati dalla norma: ASIL A, ASIL B, ASIL C, ASIL D. ASIL D detta i requisiti di integrità più elevati sul prodotto e ASIL A il più basso. I pericoli identificati come QM non impongono requisiti di sicurezza.

MIPI Alliance³¹ offre un tale approccio con MIPI Automotive SerDes Solutions (MASS)³², un framework end-to-end per collegamenti affidabili e ad alte prestazioni con sicurezza funzionale integrata (e sicurezza in fase di sviluppo). MASS riduce la complessità consentendo agli OEM di implementare protocolli di interfaccia automobilistici comuni su un veicolo tramite A-PHY³³, la prima interfaccia di livello fisico SerDes asimmetrica standardizzata a lunga portata.

Come base del framework MASS, A-PHY offre prestazioni e flessibilità crescenti, insieme all'affidabilità e alla resilienza richieste per applicazioni critiche per la sicurezza. La velocità massima dei dati in downlink è aumentata da 16 Gbps in A-PHY v1.0 a 32 Gbps per collegamento in A-PHY v1.1, introdotto all'inizio di quest'anno, con una tabella di marcia a 64 Gbps³⁴ e oltre. Anche la velocità dati massima in uplink è raddoppiata nella v1.1, da 100 Mbps a 200 Mbps. Un tasso di errore di pacchetto ultra basso di 10⁻¹⁹ e un'elevata immunità al rumore garantiscono una comunicazione affidabile per tutta la vita del veicolo.

Un'interfaccia standardizzata come A-PHY, con una portata fino a 15 m, può semplificare l'integrazione e ridurre i costi e la complessità della rete in una varietà di architetture. Consente collegamenti tra componenti edge³⁵ ed ECU³⁶ in qualsiasi punto del veicolo, eliminando la necessità di processori bridge tra interfacce a corto raggio (come MIPI C-PHY o MIPI D-PHY) e un'interfaccia proprietaria a lungo raggio. A-PHY consente inoltre ai produttori di collegare in cascata più dispositivi a una ECU tramite un cavo. (Figura 3.2)

³¹ MIPI Alliance è un'organizzazione globale collaborativa al servizio delle industrie che sviluppano dispositivi mobili e influenzati dai dispositivi mobili. L'obiettivo dell'organizzazione è progettare e promuovere interfacce hardware e software che semplificano l'integrazione dei componenti integrati in un dispositivo.

³² MIPI Automotive SerDes Solutions (MASS), uno stack completo di soluzioni di connettività end-to-end per il numero crescente di telecamere, sensori e display che consentono applicazioni automobilistiche.

³³ PHY è l'abbreviazione di " Strato fisico "O" livello fisico "in spagnolo, È un circuito elettronico generalmente implementato in un circuito integrato ed è qualcosa di indispensabile per implementare con precisione le connessioni fisiche delle schede di rete. Fa quindi parte del controllore di rete e serve per connettere il livello di collegamento (chiamato MAC da Media Control Access) con il livello di connessione fisico, come il connettore RJ-45 della scheda di rete.

³⁴ Il Gbps, gigabit per secondo, è un'unità di misura che indica la capacità di trasmissione dei dati su una rete informatica.

³⁵ I dispositivi di edge computing sono progettati per svolgere ruoli specifici, es raccoglie i dati di temperatura dalla macchina e li trasferisce ad un data center o ad una piattaforma IoT.

³⁶ Unità di controllo motore (dall'inglese engine control unit) detta engine control module (ECM) e powertrain control unit/module (PCU, PCM), è un dispositivo per la gestione elettronico-digitale della formazione della miscela e della sua combustione, per il contenimento delle emissioni inquinanti di un motore a combustione interna.

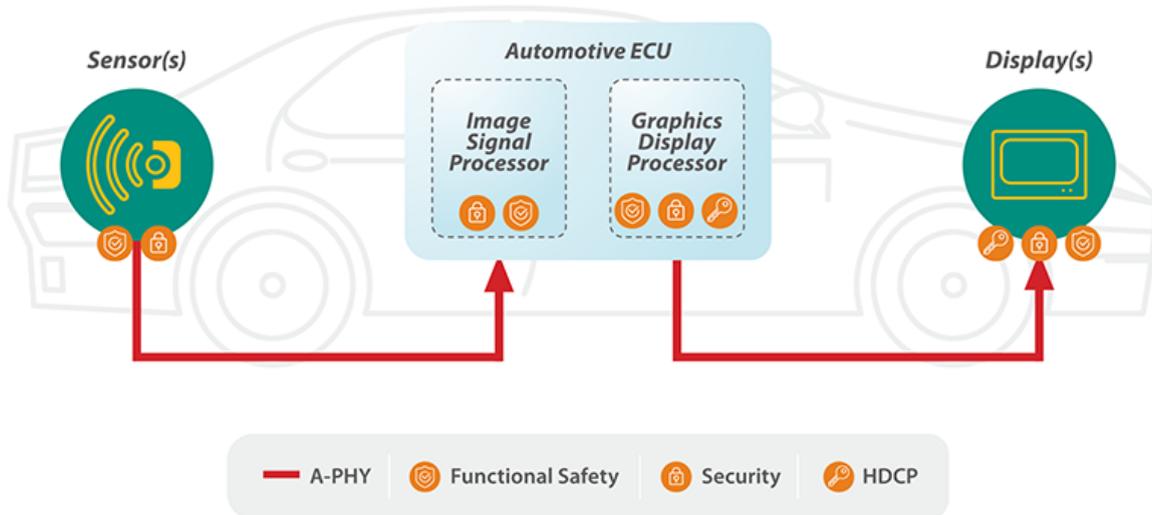


Figura 3.2 Collegamenti tra i componenti EDGE e la CPU.

Si è ottenuta una maggiore flessibilità in A-PHY v1.1; infatti A-PHY supporta più protocolli di interfaccia esistenti tramite livelli di adattamento e può essere implementato in una varietà di tipologie e configurazioni. A-PHY v1.1 aumenta questa flessibilità per supportare più tipi di implementazioni. (Figura 3.3)

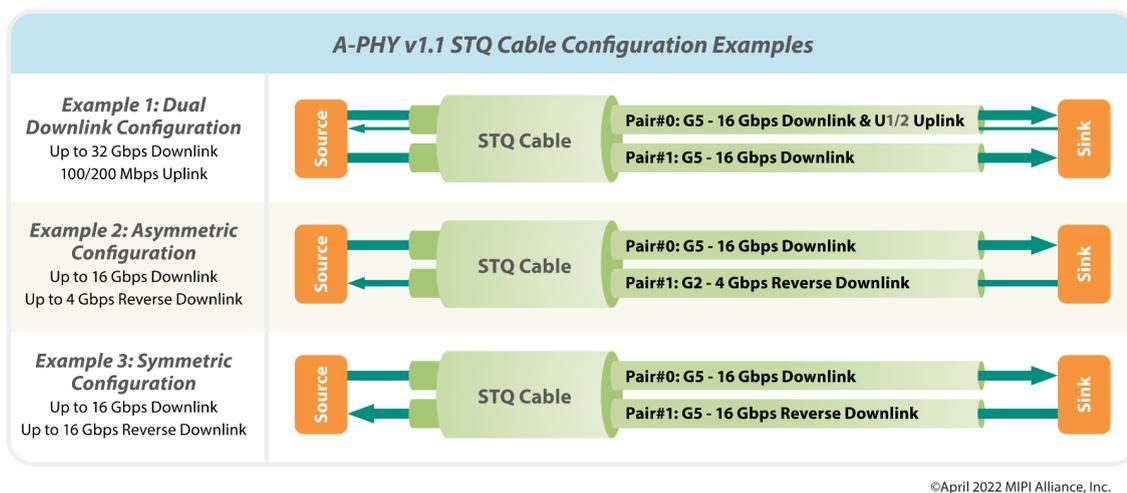


Figura 3.3 La flessibilità di A-PHY è aumentata in A-PHY v1.1 con il supporto per i cavi Star Quad (STQ). Con tre nuove opzioni di configurazione, gli OEM hanno più modi per soddisfare i requisiti di connettività. (Fonte MIPI Alliance).

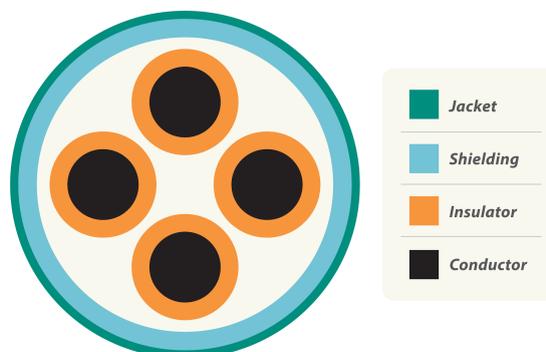
L'aggiunta del supporto per i cavi Star Quad (STQ) (Figura 3.4), un cavo schermato con due coppie differenziali, in A-PHY v1.1 consente tre nuove configurazioni:

- una configurazione dual-downlink utilizza entrambe le coppie di conduttori su un cavo STQ per creare una velocità di downlink di 32 Gbps;
- un'opzione asimmetrica, con un downlink a 16 Gbps e un downlink inverso a 4 Gbps, consente trasferimenti di dati ad alta velocità in entrambe le direzioni, in modo che un cavo possa servire coppie di dispositivi come una fotocamera e un display co-locati;
- una configurazione simmetrica fornisce un downlink a 16 Gbps e un downlink inverso a 16 Gbps su un cavo STQ;

A-PHY v1.1 consente inoltre ai produttori di migrare ad A-PHY utilizzando cavi legacy su piattaforme esistenti o tipi di cavo a basso costo su nuove piattaforme, rendendo disponibile la codifica PAM4, che consente il funzionamento a larghezza di banda ridotta e inferiore a 1 GHz per le marce a bassa velocità.

A-PHY ha diverse funzioni di sicurezza funzionale integrate, tra cui controlli di ridondanza ciclica (CRC), un contatore di messaggi a 8 bit per rilevare la perdita di pacchetti e un monitor di timeout per rilevare la perdita di comunicazione. Inoltre, il suo esclusivo schema di ritrasmissione (RTS) recupera i pacchetti danneggiati per una connessione stabile, aumentando l'immunità al rumore e riducendo al minimo gli errori di pacchetto. Il framework MASS include anche funzionalità aggiuntive per la sicurezza funzionale negli strati superiori dello stack del protocollo.

STQ Cable Cross-Section



©April 2022 MIPI Alliance, Inc.

Figura 3.4 Illustrazione della composizione del STQ (Fonte MIPI Alliance).

Di conseguenza le interfacce standardizzate come MIPI A-PHY, che continuerà ad avanzare con una maggiore larghezza di banda e una maggiore flessibilità, consentono ai produttori di abbracciare queste possibilità affrontando al contempo i nuovi requisiti per i modelli di veicoli connessi, autonomi, condivisi ed elettrici del futuro.

Per quanto riguarda gli ADAS, i dispositivi di sicurezza per l'assistenza alla guida, la Society of Automotive Engineers (SAE) ne ha definito le caratteristiche principali. Anche se non sono sinonimi di guida autonoma, sono comunque utili a tal scopo perché sfruttano radar, sensori e telecamere della vettura. Nella categoria degli ADAS rientrano dispositivi di assistenza alla guida come il Cruise Control adattivo che regola la distanza di sicurezza, il Lane Assist che supervisiona le linee di carreggiata in cui viaggia la vettura e il Blind Spot Monitor che monitora l'angolo cieco dell'auto soprattutto nelle fasi di retromarcia in uscita dal parcheggio o in sorpasso. Inoltre, tra gli ADAS figurano anche i fari abbaglianti automatici, le videocamere a infrarossi per la visione notturna, gli specchietti retrovisori esterni digitali con telecamere, i vari sistemi di parcheggio automatico e le videocamere a 360 gradi.

Dopo questo quadro di come funzionano nel veicolo queste tecnologie, si entra nel dettaglio di come si differenziano i livelli di ADAS. La SAE ha sviluppato una scala standard del settore da zero a cinque per descrivere questo continuum, sebbene ci siano molte aree grigie in cui le caratteristiche potrebbero sovrapporsi. I livelli di guida autonoma definiti dalla SAE sono cinque, anche se sarebbe più appropriato dire che sono sei, perché esiste anche il cosiddetto livello 0, dove la guida autonoma è inesistente e il controllo dell'auto è completamente nelle mani del conducente. Anche se dotata di importanti dispositivi di sicurezza come ESP e ABS, oppure del sistema di monitoraggio della corsia, l'auto appartiene a questa categoria. Ecco cosa significano generalmente questi livelli (Figura 3.5):

- Livello 0: nessuna automazione. Il conducente è completamente responsabile del controllo del veicolo, dell'esecuzione di compiti come sterzare, frenare, accelerare o rallentare. I veicoli di livello 0 possono avere caratteristiche di sicurezza come telecamere di backup, avvisi di angoli ciechi e avvisi di collisione. Anche la frenata di emergenza automatica, che applica una frenata aggressiva in caso di una collisione imminente, è classificata come livello 0 perché non agisce per un periodo prolungato.

- Livello 1 : assistenza alla guida. A questo livello i sistemi automatizzati iniziano a prendere il controllo del veicolo in situazioni specifiche, ma non ne prendono completamente il controllo. Un esempio di automazione è il cruise control adattivo, che controlla l'accelerazione e la frenata, tipicamente nella guida in autostrada o il Lane Assist. A seconda della funzionalità, i conducenti sono in grado di staccare i piedi dai pedali, ma non possono togliere le mani dal volante durante la marcia.
- Livello 2: automazione parziale. A questo livello il veicolo può svolgere funzioni più complesse che accoppiano lo sterzo (controllo laterale) con l'accelerazione e la frenata (controllo longitudinale) grazie a una maggiore consapevolezza dell'ambiente circostante perché la guida è semi-autonoma e, quindi, parziale. Infatti la vettura controlla autonomamente sia il freno che l'acceleratore, ma solo in determinate condizioni. Anche in questo caso il volante dev'essere saldamente in mano al conducente dell'auto.
- Livello 2+: automazione parziale avanzata. Sebbene il livello 2+ non sia uno dei livelli SAE ufficialmente riconosciuti, rappresenta una categoria importante che offre prestazioni avanzate a un prezzo che i consumatori possono permettersi. Il livello 2+ include funzioni in cui i sistemi del veicolo stanno essenzialmente guidando, ma il conducente deve comunque monitorare il veicolo ed essere pronto a intervenire se necessario. (Al contrario, il livello 3 rappresenta un significativo salto tecnologico, in quanto è il primo livello in cui i conducenti possono disimpegnarsi dall'atto di guidare, spesso indicato come "mente off". Al livello 3, il veicolo deve essere in grado di fermarsi in sicurezza in caso di guasto, che richiede software e hardware molto più avanzati.) Esempi di livello 2+ includono l'assistenza autostradale o l'assistenza agli ingorghi.
- Livello 3: automazione condizionale. Al livello 3 il concetto di guida autonoma comincia a prendere forma: i conducenti possono disimpegnarsi dall'atto di guidare, ma solo in situazioni specifiche quali determinate velocità del veicolo, tipi di strada e condizioni meteorologiche. Ma poiché i conducenti possono concentrare la loro attenzione su altre attività, come guardare un telefono o un giornale, questo è generalmente considerato il punto di ingresso iniziale nella guida autonoma. Tuttavia il conducente dovrebbe subentrare quando il sistema lo richiede. Ad esempio, funzionalità come il pilota ingorgo significa che i conducenti possono sedersi e rilassarsi mentre il sistema gestisce tutto: accelerazione, sterzo e frenata. Nel traffico stop-and-go, il veicolo invia un avviso al conducente per riprendere il controllo

quando il veicolo supera l'ingorgo e la velocità del veicolo aumenta. Il veicolo deve anche monitorare lo stato del conducente, per assicurarsi che il conducente riprenda il controllo, ed essere in grado di fermarsi in sicurezza se il conducente non lo fa. Tra i dispositivi di questa categoria rientra il Traffic Jam Pilot che, in caso di traffico, evita l'azione diretta del conducente su freno e acceleratore, anche se distratto.

- Livello 4: alta automazione. A questo livello il sistema di guida autonoma del veicolo è pienamente in grado di monitorare l'ambiente di guida e di gestire tutte le funzioni di guida per i percorsi e le condizioni di routine definiti all'interno del suo dominio di progettazione operativa (ODD). Il veicolo può avvisare il conducente che sta raggiungendo i suoi limiti operativi se si verifica, ad esempio, una condizione ambientale che richiede il controllo di un essere umano, come una forte nevicata. Se il conducente non risponde, metterà automaticamente in sicurezza il veicolo.
- Livello 5: automazione completa. I veicoli con capacità di livello 5 sono completamente autonomi: non è richiesto alcun conducente al volante. In effetti, i veicoli di livello 5 potrebbero non avere nemmeno un volante o pedali di acceleratore/freno. I veicoli di livello 5 potrebbero avere "cabine intelligenti" in modo che i passeggeri possano emettere comandi vocali per scegliere una destinazione o impostare condizioni della cabina come la temperatura o la scelta dei media. Infatti la guida è totalmente autonoma in ogni condizione, dato che il conducente può essere ospite della propria vettura che lo trasporta autonomamente dal punto di partenza alla destinazione, agendo in completa autonomia su sterzo, freno e acceleratore.

Nell'aprile 2021, la SAE ha pubblicato un aggiornamento alla sua tassonomia per chiarire che i livelli 0-2 sono "caratteristiche di supporto del conducente" perché il conducente è ancora fortemente coinvolto nel funzionamento del veicolo, mentre i livelli 3-5 sono "caratteristiche di guida automatizzata".

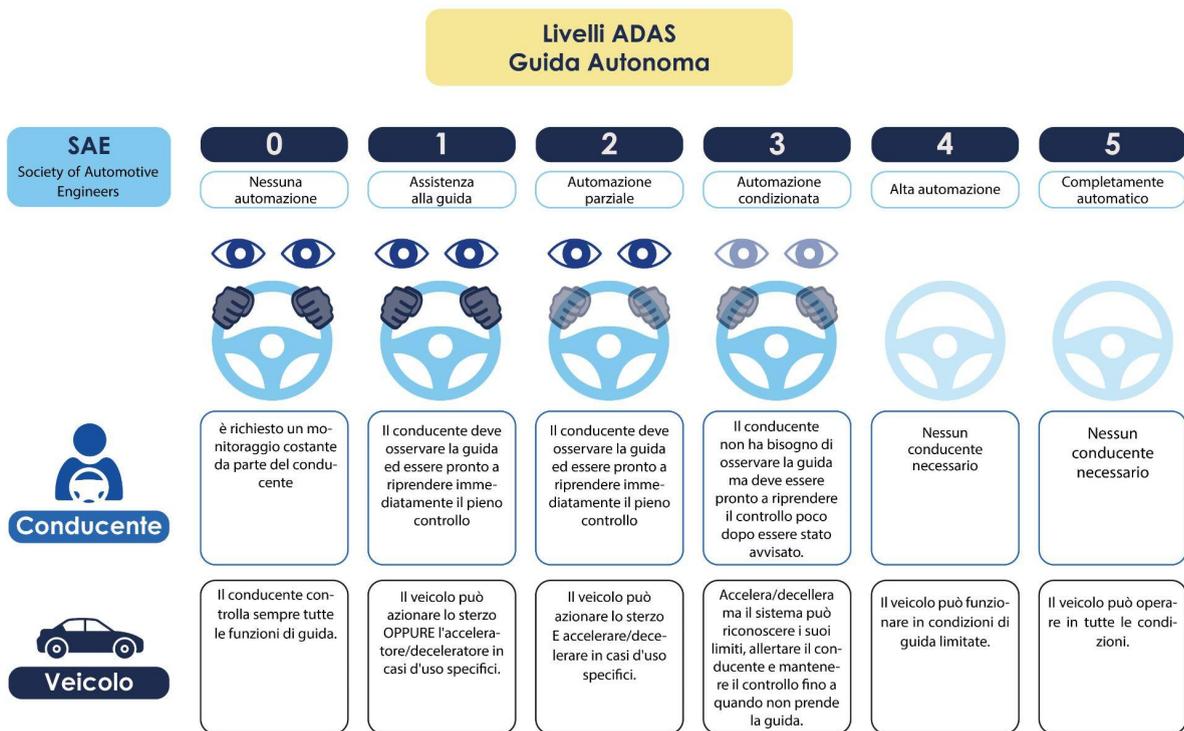
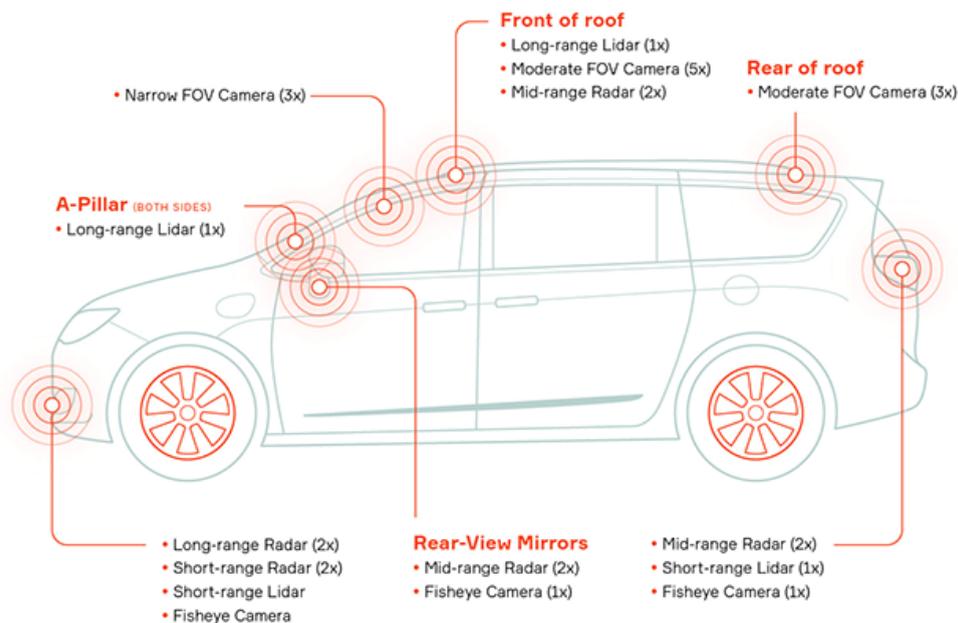


Figura 3.5 Tabella riassuntiva delle caratteristiche e differenze dei livelli ADAS di SAE.

Ogni livello di automazione richiede livelli aggiuntivi di sensori, poiché i veicoli assumono sempre più funzioni precedentemente controllate dal conducente. Ad esempio, un veicolo di livello 1 potrebbe avere solo un radar e una telecamera. Un veicolo di livello 5, che deve essere in grado di navigare in qualsiasi ambiente che incontra, richiederà un rilevamento completo a 360 gradi su più tipi di sensori.

I veicoli autonomi di Aptiv hanno incluso dozzine di sensori e architetture ridondanti e operative in caso di errore, come l'architettura Smart Vehicle Architecture™ di Aptiv³⁷ (Figura 3.6).

³⁷ Aptiv PLC (acronimo •APTIV• e precedentemente noto come Delphi Automotive PLC) è una società globale di tecnologie per componenti automobilistici e per la mobilità incorporata nel Baliato di Jersey e sede operativa a Dublino in Irlanda.



• **A P T I V** •

Figura 3.6 Sensori di livello 4 e 5 della guida autonoma da APTIV.

Secondo Consumer Reports «quasi tutte le auto nuove vendute oggi negli Stati Uniti rientrano in un'area grigia dal livello 0 al livello 2. Le auto di livello 4 e 5 non sono ancora disponibili per l'acquisto da parte del pubblico, ma molti dei veicoli odierni offrono un po' di controllo automatizzato del volante, dei freni e/o dell'acceleratore»³⁸, come si vede con il cruise control adattivo, gli avvisi di deviazione dalla corsia e/o il cambio di corsia automatico. Sebbene la guida veramente autonoma sia sicuramente disattivata in futuro, ogni anno le case automobilistiche integrano funzionalità di sicurezza avanzate aggiuntive nei loro veicoli, riducendo gli incidenti e mettendo i conducenti più a proprio agio con l'idea di un giorno togliere completamente le mani dal volante. Le soluzioni di sicurezza avanzata di Aptiv offrono agli OEM la flessibilità e la scalabilità necessarie per rendere ogni veicolo più sicuro mentre lavorano verso livelli più elevati di automazione.

³⁸ <https://www.missionline.it/wp-content/uploads/2021/10/Smart-Mobility-Report-2021.pdf>

3.2 Provvedimenti

L'UE ha emanato un regolamento sulla sicurezza stradale che, a partire dal 2022, renderà obbligatorie nuove tecnologie di sicurezza ADAS per tutti veicoli finalizzate a una maggior protezione di passeggeri, pedoni e ciclisti. Molti dei nuovi dispositivi esistono già, in particolare nei veicoli di fascia alta: si tratta ora di aumentare la sicurezza in tutti i veicoli e di spianare la strada alla mobilità connessa e automatizzata del futuro. I nuovi dispositivi di sicurezza obbligatori ADAS si differenziano in base alle diverse tipologie di vettura:

- per autocarri e autobus si prevedono interventi volti al miglioramento della visione diretta dei conducenti e a eliminare angoli ciechi e dispositivi sulla parte frontale e laterale del veicolo che permettano di individuare e segnalare la presenza di utenti vulnerabili della strada, rendendo più sicura la svolta;
- per automobili, furgoni, autocarri e autobus si prevede l'inserimento di un allarme per avvertire il conducente in caso di sonnolenza e distrazione (ad esempio uso dello smartphone alla guida), un sistema di adattamento intelligente della velocità, telecamere e sensori per la sicurezza in retromarcia e registrazione dei dati in caso di incidente (scatola nera);
- per automobili e furgoni ci si rivolge a un'assistenza tesa al mantenimento della corsia, dispositivi avanzati di frenata di emergenza e cinture di sicurezza migliorate sulla base di crash test.

Per un quadro più esaustivo sull'obbligo degli ADAS in Europa andiamo ad esaminare più nel dettaglio lo scenario in seguito agli accordi raggiunti nel 2019 tra le istituzioni europee e gli Stati membri. A partire dal 6 luglio 2022 i sistemi avanzati di assistenza alla guida ADAS diventano obbligatoriamente di serie sulle auto di nuova omologazione UE, mentre dal 2024 dovranno essere adottati su ogni nuova auto venduta nell'Unione Europea. I principali sono:

- la frenata automatica di emergenza (AEB o AEBS - Autonomous Emergency Braking System) con riconoscimento pedoni e ciclisti (per auto e furgoni, già obbligatori per autobus e camion). Con l'ausilio di sensori e telecamere, il sistema di frenata automatica di emergenza con rilevamento pedoni monitora l'area antistante al veicolo per rilevare l'eventuale presenza di persone sulla carreggiata. Emette un segnale acustico e visivo qualora ci sia un pedone in strada. In caso di mancato azionamento del freno, il sistema avvisa della distanza critica con una singola frenata e si prepara ad una possibile frenata automatica di emergenza, rendendo immediatamente disponibile la massima forza frenante. Se il driver non interviene, il sistema effettua automaticamente una frenata, evitando la collisione o riducendone le conseguenze. La frenata automatica di emergenza non funziona con la stessa logica del cervello umano: il rischio è che intervenga troppo o non abbastanza. In alcuni casi l'ostacolo viene ignorato, soprattutto quando si tratta di bici e scooter, e in particolar modo in posizioni non frontali o in prossimità di una curva. Nel caso opposto si verifica invece una frenata di emergenza senza un'effettiva emergenza, cioè quando l'automobilista si avvicina troppo all'auto che lo precede (magari nel corso di un sorpasso) e l'AEB provvede a "inchiodare" la macchina con il rischio di essere tamponati dalle auto che seguono.

Per questo la frenata automatica di emergenza deve diventare sempre più sofisticata, magari con l'aiuto di Lidar³⁹, che offre una visione dello spazio circostante più preciso di altri sensori;

- l'assistente al mantenimento di corsia (ELKS - Emergency Lane Keeping Assist), un avviso di deviazione dalla corsia, già obbligatorio su autobus e camion. I sistemi Lane Keeping Assist (LKA) aiutano a correggere la traiettoria del veicolo che involontariamente si allontana dalla propria corsia. Spesso il conducente riceve una segnalazione sulla necessità di correggere la traiettoria della vettura, ma questi sistemi intervengono anche leggermente sullo sterzo, per impedire che il veicolo lasci la propria corsia. I sistemi Emergency Lane Keeping (ELK) intervengono in modo molto più drastico e solo se rilevano una situazione veramente critica applicando un forte input di sterzata se si rileva che la vettura è sul punto di finire fuori strada;
- il dispositivo per registrare informazioni in caso di incidenti (EDR - Event Data Recorder). I dati immagazzinati nella memoria della blackbox riguarderanno:
 1. velocità del veicolo;
 2. frenata, posizione e inclinazione del veicolo sulla strada;
 3. stato e frequenza di attivazione di tutti i sistemi di sicurezza del veicolo;
 4. sistema eCall di bordo basato sul servizio 112;
 5. attivazione del freno e qualsiasi altro parametro di input pertinente dei sistemi di bordo di sicurezza attiva e di prevenzione degli incidenti.

La scatola nera o EDR non sarà disattivabile dal conducente e i dati registrati saranno protetti da manipolazioni e abusi. Secondo Bruxelles, la gestione dei dati dovrà essere tale da non permettere di identificare né il singolo veicolo, né il proprietario, garantendo dunque l'anonimato, e le informazioni saranno limitate per un limitato lasso di tempo. Tuttavia gli stessi dati saranno a disposizione delle autorità nazionali ai fini della ricerca e dell'analisi in relazione a un eventuale sinistro. Potranno dunque servirsene le Forze dell'ordine per ricostruire la dinamica di un incidente e attribuirne le responsabilità ai fini giuridici e, si pensa, anche assicurativi;

- il monitoraggio della sonnolenza e il riconoscimento della distrazione del conducente rileva il calo di concentrazione cercando segnali che indichino come l'automobilista non sia focalizzato su strada e veicoli. Tale sistema di monitoraggio si basa sui dati relativi all'angolo di sterzata e analizza costantemente il comportamento al volante grazie ai sensori che misurano la posizione angolare del volante. Una volta che il dispositivo ha rilevato quel dato, procede al calcolo della velocità dell'auto, della pressione di frenata desiderata o della posizione dell'acceleratore e delle intenzioni del conducente. In genere si attiva a partire dalla velocità minima di 60 km/h. Ovviamente, questi sensori sono preziosi anche per altri sistemi: per esempio il controllo di stabilità, il servosterzo elettroidraulico e l'Adaptive Cruise Control (ACC). La tecnologia più avanzata prevede l'introduzione

³⁹ Il Lidar è un sistema di telerilevamento basato sui raggi laser che consente una ricostruzione precisa, tridimensionale e in tempo reale dell'ambiente circostante. Per questo ha interessanti applicazioni in ambito automotive.

di una telecamera che rileva il battito delle palpebre del guidatore e ,in caso di necessità, scattano l'allarme sonoro e compare una scritta nel cruscotto, però il controllo rimane all'automobilista che deve attivarsi per prevenire sinistri con altri veicoli o uscite fuori strada;

- il sistema di ausilio al mantenimento della velocità più idonea (ISA - Intelligent Speed Assistance) sfrutta tecnologie nate per altri scopi: le telecamere frontali e i radar delle auto a guida semi autonoma. Tramite cui l'ISA può leggere e riconoscere la segnaletica stradale, capendo quale sia il limite di velocità in vigore su quel tratto di strada. Dopo aver capito qual'è il limite di velocità vigente, il sistema fa di tutto affinché il guidatore lo rispetti. Per prima cosa manda un segnale acustico simile a quello delle cinture di sicurezza. Se il guidatore ignora il segnale, ISA fa vibrare il sedile, il pedale dell'acceleratore ed emette un altro segnale acustico. Se il guidatore continua a ignorare questi segnali, allora ISA riduce in autonomia la velocità dell'auto, ma non agendo sui freni, che sarebbe pericoloso: piuttosto ISA agisce sul pedale dell'acceleratore grazie a un servomotore che "spinge via" il piede del guidatore affinché la velocità scenda. Quando ISA entra in azione, quindi, non avviene una brusca frenata: l'effetto del sistema elettronico è graduale e *soft*.

La definizione dei requisiti tecnici per ogni sistema ha richiesto quasi un anno di discussioni tra le varie parti in causa, e il nodo principale ha riguardato proprio le caratteristiche del sistema ISA. Se da una parte questi sistemi andranno sicuramente a limitare la libertà dei singoli automobilisti, dall'altra apporteranno un innegabile miglioramento della sicurezza sulle strade pubbliche. Sono ormai diversi anni che le ricerche di settore indicano la velocità di percorrenza troppo alta come il fattore principale per gli incidenti stradali: obbligare quindi tutti i guidatori a rispettare i limiti grazie a ISA, sapendo bene che l'auto sarà in grado di sapere cos'è successo in caso di incidente grazie a EDR, potrebbe portare a un drastico miglioramento del comportamento sulle strade, considerando che a oggi in media il 20% delle polizze auto ha la scatola nera, quindi è abbastanza noto come ADAS.

Secondo la Commissione europea i nuovi standard di sicurezza aiuteranno a proteggere meglio passeggeri, pedoni e ciclisti in tutta l'Unione europea, salveranno oltre 25.000 vite ed evitando almeno 140.000 feriti gravi entro il 2038, favorendo quindi la realizzazione dell'obiettivo a lungo termine dell'UE di azzerare il numero di vittime e feriti gravi entro il 2050 ("obiettivo zero vittime"). «Con la nuova legislazione sulla sicurezza dei veicoli in vigore da oggi, l'Europa si assicura che questa tecnologia migliori la vita quotidiana dei nostri cittadini»⁴⁰, ha dichiarato Thierry Breton.

Un altro esempio di provvedimento importante è avvenuto in America, nella società australiana Acusensus, tra le migliori aziende al mondo per investimento sull'impiego dell'intelligenza artificiale per il miglioramento della sicurezza stradale. Le sue telecamere utilizzano immagini ad alta risoluzione in combinazione con l'apprendimento automatico (Machine Learning) per identificare comportamenti di guida pericolosi che sono spesso difficili da rilevare e da far rispettare da parte delle forze dell'ordine. La tecnologia (in attesa di brevetto) che, a differenza dell'occhio umano (es. del poliziotto) non è influenzata dalle condizioni atmosferiche o dalle alte velocità, può visualizzare e registrare il comportamento all'interno del veicolo, anche nascosto dietro al

⁴⁰<https://www.sicurauto.it/news/sistemi-di-sicurezza/nuovi-standard-di-sicurezza-veicoli-25-mila-vittime-entro-il-2038/>

parabrezza. Le telecamere possono essere installate su infrastrutture stradali esistenti — come cavalcavia e cartelli stradali — o strutture mobili — come il classico autovelox. Le immagini sono poi ottimizzate per l'intelligenza artificiale che è addestrata con parametri specifici. Gli algoritmi di Acusensus possono determinare con un alto grado di probabilità se un conducente è impegnato in un comportamento rischioso, valutandone la distrazione, lo status dei passeggeri - quanti sono e cosa fanno - e la velocità del veicolo. Secondo la società di Melbourne, tale tecnologia darebbe alle forze dell'ordine la capacità di vedere chiaramente se un conducente sta tenendo qualcosa in mano e cosa sta facendo, come ad esempio un telefono, nel caso stesse scrivendo un messaggio su WhatsApp.

Il prodotto principale di Acusensus è Heads-Up, lanciato per la prima volta nel 2019 nello stato australiano del Nuovo Galles del Sud, con capitale Sydney. Il sistema Heads-Up cattura immagini che vengono poi vagliate dalle autorità competenti per rilevare possibili infrazioni. Nei primi due anni dal varo della tecnologia, secondo Acusensus il Nuovo Galles del Sud ha sperimentato una riduzione del 22% degli incidenti mortali e una riduzione dell'uso del telefono alla guida di oltre l'80%. La tecnologia è attualmente impiegata negli stati australiani del Nuovo Galles del Sud e nel Queensland, con ulteriori progetti pilota previsti per altri luoghi, sia in Australia che all'estero. La prossima iterazione della tecnologia, chiamata Heads-Up Real Time, è stata proposta per la distribuzione negli Stati Uniti. In un'applicazione della tecnologia in esame negli States, i dati e le immagini vengono inviati in tempo reale agli agenti nelle auto di pattuglia, i quali possono poi visualizzare l'azione del guidatore in tempo reale sui loro schermi. La tecnologia di Acusensus può anche essere utilizzata per identificare i cosiddetti punti caldi, aiutando a determinare dove i funzionari di polizia e governativi potrebbero aver bisogno di migliorare l'applicazione, apportare modifiche alle infrastrutture o far adottare nuove leggi. Negli ultimi mesi l'azienda australiana ha condotto dimostrazioni e valutazioni per un certo numero di agenzie di polizia locale nonché governative in materia di trasporti. Durante una valutazione di prova di diciotto ore su una strada ad alto rischio del Missouri (USA), sono passati più di undicimila veicoli. Almeno il 60% dei conducenti andava veloce; una media di più del 6% stava usando telefoni cellulari - più del doppio della media nazionale - e poco meno del 6% era impegnato in due comportamenti di guida rischiosi concomitanti. È superfluo sottolineare come la tecnologia di Acusensus stia guadagnando interesse a livello statale negli USA.

Una tecnologia simile a quella di Acusensus è considerata di interesse anche in Europa. Per la Association of European Metropolitan Transport Authorities (EMTA), la raccolta di dati su larga scala potrebbe avere un enorme potenziale nella prevenzione degli incidenti stradali. A Barcellona, in Spagna, in un esperimento è stata utilizzata la tecnologia di computer vision sugli autobus urbani per mappare i luoghi lungo un percorso dove vi erano spesso incidenti che coinvolgevano veicoli e pedoni, identificando dove il rischio di incidenti era più alto. La tecnologia di visione artificiale usa l'Intelligenza Artificiale per dare un senso ai flussi video grezzi, in questo caso dalle telecamere degli autobus che registrano il tracciato della strada, la posizione dei pedoni e dei veicoli, nonché la loro velocità. Per l'EMTA, inoltre, si tratta di un esperimento che vede, al termine dell'esperimento, la distruzione dei video per proteggere i dati personali degli interessati, in ottemperanza al Regolamento UE 2016/679. Nelle parti del mondo in cui esistono dati precisi e rilevanti, l'Intelligenza Artificiale può identificare i luoghi pericolosi in modo proattivo, prima che avvengano gli incidenti. Per l'EMTA è importante che i governi condividano ampiamente i dati in loro possesso facendo in modo di ottenere dati di qualità, pronti per il loro utilizzo. L'obiettivo è quello di eliminare tutte le

morti e le lesioni gravi su strada, creando più livelli di protezione in modo che, se uno dovesse fallire, altri prendano il suo posto a mo' di rete di sicurezza.

3.3 Auto come entità tecnologica: verso la guida autonoma

Il settore dell'automotive sta vivendo una profonda transizione: l'auto sta diventando un abitacolo multimediale connesso e un veicolo sempre più autonomo, anche nelle guida. Se nel 2019 le auto connesse rappresentavano il 17,4% del parco macchine europeo, si stima che nel 2025 possano arrivare al 70%. In Italia i consumatori sono interessati ai veicoli connessi, in particolare alle soluzioni legate alla guida autonoma con funzioni di assistenza al parcheggio (55%) e alla guida (51%). Persistono tuttavia alcuni timori in relazione alla guida autonoma, come la paura di perdere il controllo del mezzo (40%) o di avere poche garanzie di sicurezza: il 27% dei consumatori interpellati in materia di sicurezza teme infatti attacchi hacker o un utilizzo improprio da parte delle aziende di informazioni sensibili.

Gli ultimi veicoli, tuttavia, sono dotati di sensori e controller avanzati, che rendono la guida più sicura e facile. Il mondo si sta avvicinando a un momento straordinario in termini di scambio di informazioni tra guidatore, veicolo e altri utenti della strada attraverso l'ambiente intelligente: si sta assistendo all'inizio di una nuova era dell'assistenza alla guida poiché il livello di autonomia nei nuovi veicoli aumenta. Basti pensare che nel periodo compreso fra il 2011 e il 2017 l'European Patent Office (EPO)⁴¹ ha registrato oltre 18.000 patenti (brevetti) sulle auto a guida autonoma, di cui 4.000 nel solo 2017, ovvero numeri decisamente superiori a quelli di qualsiasi altro settore tecnologico.

Autonomous Vehicle Analysis⁴² è l'unico servizio sul mercato che si concentra sull'identificazione del livello di autonomia disponibile in tutti i veicoli, nuovi ed in uso, venduti da tutti i marchi nei principali mercati del mondo, secondo la classificazione proposta

⁴¹ EPO, l'ufficio incaricato di fornire procedure di applicazione uniformi in materia di protezione dei brevetti in 38 Paesi europei, dal 1977, ha il compito di concedere ed esaminare i brevetti europei sotto la supervisione del Consiglio di amministrazione e ha sede a Monaco di Baviera..

⁴² Veicolo che utilizza la tecnologia per sostituire il conducente con sistemi di sicurezza adatti per guidare in modo autonomo sulle strade.

dalla SAE⁴³. La società Canalys⁴⁴, invece, fornisce i dati più completi per monitorare l'evoluzione dell'assistenza alla guida attraverso i livelli da 0 a 3 e analizza come, quando, dove e perché i veicoli completamente autonomi, tra i livelli 4 e 5, verranno lanciati.

Attualmente, sebbene diverse case automobilistiche siano in grado di offrire al pubblico veicoli SAE 3 – Ready, la legislazione italiana non riconosce la possibilità di immatricolazione a veicoli che superino il grado di automazione individuato come SAE 2, in virtù del Decreto Legge datato 28 febbraio 2018 che consente la sperimentazione di veicoli a guida automatica con tale livello di automazione, definiti più propriamente “a guida cooperativa” e che comunque, per ragioni di allineamento con il vigente codice e di infrastrutture, mantengono ferma la responsabilità del conducente in caso di sinistro stradale.

Il Decreto all'articolo 19 precisa:

1. Il richiedente deve dimostrare di avere concluso il contratto di assicurazione per responsabilità civile specifica per il veicolo a guida automatica, ai sensi della legge 24 dicembre 1969, n. 990, depositando una copia presso il soggetto autorizzante, con un massimale minimo pari a quattro volte quello previsto per il veicolo utilizzato per la sperimentazione nella sua versione priva delle tecnologie di guida automatica, secondo la normativa vigente.
2. Il contratto di assicurazione indica espressamente che l'assicuratore è a conoscenza delle modalità di uso del veicolo e che il veicolo è utilizzato in modalità operativa automatica su strade pubbliche»⁴⁵.

In America la situazione è differente dal momento che la normativa prevede l'uso delle auto a guida autonoma «soltanto in presenza di un guidatore in possesso della licenza di guida, che

⁴³ SAE, Society of Automotive Engineers. Per la classificazione dei livelli di autonomia proposti dalla SAE, si ricorda che: livello 0 - veicoli privi di sistemi qualsivoglia sistema di assistenza alla guida; livello 1 - veicoli che adottano sistemi di assistenza al conducente; livello 2 - veicoli che adottano sistemi di “automazione parziale”; livello 3 - veicoli che adottano sistemi di automazione in scenari predefiniti; livello 4 - veicoli ad elevata automazione che, in molti casi, prescindono dal conducente; livello 5 - veicoli completamente autonomi che fanno a meno del conducente.

⁴⁴ Canalys è una società di analisi del mercato tecnologico leader a livello mondiale con un focus distinto sul canale sui canali, smartphone e mobility, enterprise e emerging tech.

⁴⁵<https://www.altalex.com/documents/news/2018/05/31/auto-a-guida-automatica-profilo-assicurativi-e-di-responsabilita-civile>

possa intervenire con prontezza nel caso in cui ci sia qualche malfunzionamento della vettura»⁴⁶.

La Germania è stata la prima nazione in Europa a introdurre una disciplina di legge per regolamentare le auto a guida autonoma, con una commissione e le prime linee guida per le auto senza pilota: deve esserci una scatola nera che registri le “criticità del veicolo”.

Da alcuni anni, dunque, il mondo dell’automotive ha introdotto gradualmente alcuni sistemi di ausilio alla guida, ad esempio per i parcheggi o per il riconoscimento automatico dei pedoni o di altri ostacoli.

Al momento, i più evoluti veicoli puntano al livello 3, dunque si è ancora lontani dal livello 5 (guida completamente automatizzata) in cui non è necessario alcun intervento umano per arrivare alla destinazione programmata. Infatti questo tipo di vetture si trova ancora in piena fase sperimentale e pilota, anche se esiste un diffuso ottimismo da parte delle case automobilistiche sulla possibilità che da qui a pochi anni le auto di livello 5 possano entrare in commercio.

Il mercato delle auto a guida autonoma si sta diramando con diverse aziende e i nomi sono diversi e non sono certo riconducibili esclusivamente al settore automotive. Anzi, probabilmente l’azienda che al momento è più avanti di tutte è Google, che investe nel mondo driverless dal 2009 e che nel tempo ha apportato notevoli progressi con la società Waymo, ormai vicina alla messa su strada di piccoli minivan per il trasporto pubblico a Phoenix.

Tra i nomi di case automobilistiche che hanno sviluppato prototipi o investito nel settore è possibile citare nomi come Mercedes-Benz, General Motors, Continental Automotive Systems, Autoliv Inc., Bosch, Nissan, Toyota e Audi. Molto interessata allo sviluppo delle auto a guida autonoma è anche Uber, che sta riversando centinaia di milioni di dollari in progetti di questo tipo, con l’intento di eliminare quella che è attualmente la sua principale voce di costo, ovvero la quota riconosciuta agli autisti. Molto attiva su questo fronte è anche Tesla; di contro Apple sembra abbia recentemente deciso di tagliare i fondi e il personale dedicato al suo progetto in materia, Titan.

⁴⁶ <https://www.6sicuro.it/blog/classifica-incidenti-stradali-cause-statistiche/>

4. Scenario futuro per la sicurezza stradale

4.1 La guida autonoma

Osservando come funzionano le auto a guida autonoma è sicuramente d'obbligo una certa dose di cautela dal momento che sviluppare le autovetture autonome è molto complesso: occorre creare un sistema software, costantemente connesso - e in questo senso la prossima introduzione del 5G giocherà un ruolo fondamentale- adeguatamente irrorato da robuste basi di machine learning e intelligenza artificiale, che sia capace di gestire in modo intelligente scenari di traffico molto complessi negli ambienti urbani e autostradali in qualsiasi momento e con un tempo di reazione minimo.

Riflettendo su questa definizione, risulta chiaro che una delle difficoltà maggiori che gli sviluppatori si trovano ad affrontare è quella di riuscire a prevedere tutte le possibili variabili che si possono incontrare su una strada e a programmare una reazione adeguata, di solito è affidata all'istinto del guidatore.

Il software alla base dei veicoli a guida autonoma deve perciò essere in grado di percepire l'ambiente circostante, deve determinare la posizione esatta sulla strada e deve decidere come comportarsi in una determinata situazione. La percezione è assicurata dalla combinazione dei dati provenienti dai diversi sensori del veicolo, come radar e telecamere. La posizione in tempo reale è assicurata dalla presenza sul software di mappe ultra dettagliate che permettono all'autovettura autonoma di stabilire la sua posizione a livello di centimetri. Su questa duplice base è possibile innescare gli algoritmi di machine learning e di apprendimento automatico che possono permettere ai veicoli di livello di autonomia 5 di prendere la migliore scelta possibile in caso di imprevisti di qualsiasi sorta. Il livello di sicurezza è destinato nei prossimi anni a essere ulteriormente potenziato dallo sviluppo di comunicazioni da veicolo a veicolo (V2V) sempre più sofisticate che permetteranno lo scambio di informazioni e dati in modo tale da prevenire urti e collisioni. Un ulteriore ausilio arriverà dallo sviluppo dell'IoT: i sensori di guida autonoma dialogheranno infatti in real time con quelli incorporati nei segnali stradali, nei semafori e, addirittura, nelle carreggiate stesse.

Si palesa che la diffusione su larga scala di queste auto senza pilota potrebbe avere degli effetti notevoli sulla produttività individuale, consentendo alle persone di lavorare e comunicare anche durante gli spostamenti, con ritorni difficilmente stimabili. Ancora più importanti sono, naturalmente, gli impatti da un punto di vista sociale e sanitario: secondo il Dipartimento Federale dei trasporti Usa solo nel 2017 negli States ben 37.150 persone sono morte in incidenti stradali. La stima è che il 94% degli incidenti gravi siano dovuti a errori umani o a scelte sbagliate, come la guida in stato di ubriachezza o la distrazione. Le auto a guida autonoma potrebbero essere in grado di rimuovere la totalità di questi incidenti, restando vulnerabili soltanto ai problemi meccanici, che comunque, data la connessione continua, potrebbero essere tenuti sotto maggior controllo.

Ciononostante aleggia un grande timore su questi veicoli circa la possibilità di hackeraggio da parte del cybercrime, che potrebbe arrivare addirittura a prendere il controllo dei veicoli a scopo di ricatto. L'allarme arriva dall'Agenzia Europea per la cybersicurezza (Enisa) che nel 2021 ha stilato un rapporto sui rischi connessi all'uso dell'intelligenza artificiale su un veicolo in movimento. Come ogni altro strumento tecnologico moderno, l'AI si basa su una connessione internet, condizione che la rende vulnerabile ad attacchi esterni. Lasciando da parte i malfunzionamenti – che possono sempre capitare – l'Enisa mette in guardia sulle violazioni intenzionali, effettuate con lo scopo di sabotare la vettura.

«Quando un mezzo a guida autonoma non è sicuro e attraversa i confini dell'Unione, diventa un pericolo per sé stesso e per gli altri»⁴⁷, ha commentato Juhan Lepassaar, direttore dell'Enisa. «La sicurezza non dovrebbe essere un pensiero collaterale ma il prerequisito fondamentale per un utilizzo affidabile e su larga scala»⁴⁸.

È evidente che hackerare le auto senza pilota si rivelerà un compito molto gravoso, dal momento che il funzionamento di queste vetture si baserà su una rete estesa di sensori e comunicazioni, che dunque dovrebbe essere “bucata” simultaneamente. Le case automobilistiche stanno da un lato applicando processi di cybersecurity in tutte le fasi di produzione, dall'altro sviluppando sistemi per monitorare i veicoli quando saranno parte del parco circolante, anche per rispondere all'entrata in vigore della norma omologativa Unece wp.29 che obbliga i produttori di auto immatricolate nei paesi membri, tra cui l'Europa, a

⁴⁷<https://www.m2o.it/articoli/le-auto-a-guida-autonoma-a-rischio-attacco-hacker-lallarme-dellagenzia-europea/#:~:text=%E2%80%9CQuando%20un%20mezzo%20a%20guida,Lepassaar%2C%20direttore%20dell'Enisa.>

⁴⁸<https://www.m2o.it/articoli/le-auto-a-guida-autonoma-a-rischio-attacco-hacker-lallarme-dellagenzia-europea/>

rispettare le norme di cybersecurity previste dalle Nazioni Unite. Ad analizzare lo scenario è Teoresi, società di ingegneria specializzata in tecnologia all'avanguardia per la smart mobility che supporta i produttori di auto nello sviluppo di software per la guida autonoma e per le relative funzionalità di messa in sicurezza. «Nell'automotive è in corso una nuova rivoluzione, guidata da veicoli sempre più innovativi: connessi, elettrici e a guida autonoma. L'intera filiera dell'automotive deve però ora pensare al veicolo come a un dispositivo da mettere in sicurezza, per garantire efficienza alla vettura e privacy all'utente»⁴⁹, sottolinea Gianluca Cerio, Technology Project Manager Leader di Teoresi.

Ma quali sono per l'utente le opportunità e i vantaggi e gli effettivi rischi per quanto riguarda la guida autonoma e i veicoli connessi? Teoresi fa il punto attraverso cinque concetti chiave – dai sensori che danno vista e udito all'auto fino alla cybersecurity – per aiutare gli automobilisti a comprendere l'evoluzione del mercato e a superare il timore degli hacker delle auto connesse.

1. Sensori: come le auto vedono e sentono.

Le auto, per riuscire a guidare in autonomia, devono imparare a “vedere” e “sentire” l'ambiente circostante e a prendere le opportune decisioni in movimento. Per questo necessitano di diverse tecnologie hardware il cui scopo è acquisire dati utili dall'ambiente. Ad esempio la tecnologia Lidar misura la distanza da un oggetto illuminandolo con un fascio di impulsi laser e restituendo così informazioni tridimensionali ad alta risoluzione sull'ambiente circostante. Le camere, invece, riconoscono gli oggetti in prossimità dell'auto, fornendo informazioni dettagliate come il loro colore o la forma esatta. Questi sensori, insieme ad altre tecnologie come radar e sonar, acquisiscono dati che vengono elaborati attraverso la sensor fusion per la ricostruzione dell'ambiente circostante, sapere dove si trovano e come si possono muovere. Infine il Sistema Satellitare Globale di Navigazione (GNSS) monitora costantemente la posizione della vettura su una mappa precaricata con uno scarto inferiore al metro ed è in grado, comunicando con gli altri sistemi di bordo, di anticipare curve o evitare ostacoli. Maggiore è la capacità di fondere tutte queste informazioni e maggiore è l'affidabilità da parte dell'intero sistema. Per esempio: se un lieve strato di neve cancella le strisce pedonali, che diventano quindi invisibili all'occhio della telecamera, entreranno in

⁴⁹<https://www.corrierecomunicazioni.it/telco/5g/auto-connesse-saranno-il-70-nel-2025-il-25-degli-italiani-teme-l-e-minacce-cyber/>

azione altre funzionalità, come una mappa ad alta definizione aiutata da un GNSS che localizza il veicolo e dai radar che lo posizionano precisamente sulla carreggiata.

2. Guida assistita: gli algoritmi rendono la guida più sicura

Le auto a guida autonoma attualmente non possono ancora circolare nelle strade. Esistono però veicoli con funzionalità di guida assistita, o più tecnicamente ADAS. Si tratta di auto con in dotazione il safety pack, cioè un insieme di funzionalità basate su algoritmi di intelligenza artificiale che, analizzando i cambiamenti sulla strada, forniscono avvisi o, in caso di pericolo, talvolta intervengono per evitare possibili incidenti. Il guidatore può comunque controllare tutte le attività e prendere il controllo in qualsiasi momento. Del safety pack fanno parte, ad esempio, l'adaptive cruise control per la regolazione della velocità di crociera in funzione del veicolo che precede, o il sistema avanzato anti-collisione con frenata automatica di emergenza. Proprio la frenata di emergenza, che è una funzionalità di guida assistita diventata obbligatoria dal 2022, aiuta a chiarire il ruolo della guida assistita nell'aumentare la sicurezza in auto: mentre la reattività del guidatore umano dipende da numerose variabili, tra cui la soglia di attenzione, le tecnologie di guida assistita sono deterministiche e hanno tempi di risposta molto rapidi, garantendo così una maggiore sicurezza.

3. Guida autonoma: il co-pilota che aumenta la sicurezza

Il passaggio dalla guida assistita alla guida autonoma avviene laddove la macchina è in grado di eseguire in modo autonomo la maggior parte delle azioni di guida. In termini tecnici si parla del livello 3 come di un ibrido e dei livelli 4 e 5 come di guida autonoma, mentre la guida assistita corrisponde ai livelli 1 e 2. In questi casi l'auto è dotata di sensori aggiuntivi che la rendono un vero e proprio co-pilota, che non solo aumenta la sicurezza di conducenti e pedoni, ma ha anche un impatto sul traffico e sulla congestione delle città: ad esempio, quando le auto saranno in grado di parcheggiare da sole si potrà risparmiare molto spazio grazie alla maggiore precisione. È in questo ambito che le case automobilistiche più innovative stanno facendo le principali sperimentazioni, mentre è ancora futuristico pensare alla guida completamente autonoma, in cui al conducente non è richiesta alcuna interazione.

4. Guida cooperativa: le auto parlano con i semafori grazie al 5G

Un veicolo connesso è già oggi in grado di “parlare” con le altre smart car, con i sistemi a bordo strada e con la mobilità pubblica. L’evoluzione di queste possibilità darà prossimamente vita a sistemi di guida cooperativa, con auto connesse che tramite la rete 5G comunicano con altri veicoli e con le infrastrutture. Uno dei più immediati esempi di utilizzo di questa tecnologia sarà quello che riguarda la segnaletica stradale, ossia lo scambio di informazioni tra l’auto connessa e cartelli stradali o semafori intelligenti che trasmetteranno al veicolo indicazioni sulla velocità o su dove e quando è necessario frenare; i veicoli leggeranno la presenza di incidenti o incendi lungo il percorso attraverso la sensoristica a bordo e lo comunicheranno ad altri veicoli (comunicazione v2v). I veicoli a guida autonoma e cooperativa avranno quindi una maggiore consapevolezza dell’ambiente circostante con un aumento della sicurezza. Si prevede che, quando la tecnologia senza conducente sarà matura e collaudata, le collisioni, dovute oggi molto spesso ad errori umani, saranno notevolmente ridotte. Si stima che se il 90% delle auto negli Stati Uniti diventasse autonomo, ad esempio, si potrebbero evitare 25.000 vittime di incidenti stradali.

5. Cybersecurity per l’auto connessa

A fronte di molte opportunità per la sicurezza di guida, le auto connesse e a guida autonoma implicano anche nuovi rischi. Qualunque dispositivo connesso è a rischio, soprattutto se la connessione è wireless come nel caso dell’auto, in cui sono presenti connessioni bluetooth, wifi, 4G, 5G, e, in futuro, anche 6G. Nel caso dell’auto, i rischi di cybersecurity sono di 4 tipi: il più critico è quello che impatta la safety e riguarda l’attacco a elementi indispensabili per la guida come freni, sterzo, acceleratore. Poi ci sono rischi di operatività legati a specifiche funzioni come il navigatore, la radio o il condizionatore. Altri aspetti sono invece più legati ai concetti di cybersecurity tradizionali, come la privacy. Oggi all’interno dell’auto sono presenti dati privati che rivelano infrazioni e dati di geolocalizzazione con l’orario e il percorso degli spostamenti, la rubrica personale e la lista di chiamate effettuate e ricevute senza considerare le varie telecamere e i microfoni interni alla vettura. Infine bisogna considerare il rischio finanziario ed economico che può avvenire in caso di furto del veicolo o in caso di furto di mezzi di pagamento memorizzati all’interno del veicolo. «Proprio per questo chi produce auto o componenti delle vetture deve collaborare con esperti di cybersecurity per poter garantire l’utilizzo di queste tecnologie, la connettività e le funzioni in completa sicurezza. Anche perché nei prossimi anni la gestione della cybersecurity diventerà un elemento importante tra i

criteri di scelta valutati per l'acquisto di un'auto»⁵⁰, conclude Gianluca Cerio, Technology Project Manager Leader di Teoresi.

L'automobile a guida autonoma sfrutta i dati rilevati dai sistemi appena esposti per azionare i comandi e i dispositivi di comando. Per esempio il sistema ideato da Bosch utilizza i seguenti componenti: Electronic Power Steering (EPS), il servosterzo elettrico per comandare il sistema di sterzata, che ai fini di massimizzare la sicurezza si è fatto in modo che funzioni anche in caso un guasto, consentendo al guidatore o al sistema di pilota automatico di minimizzare il rischio, in ottemperanza all'adempimento delle disposizioni USA sulla guida autonoma; Electronic Stability Program (ESP), sistema elettronico di stabilità imprescindibile per la guida autonoma che, per motivi di sicurezza, è realizzato in modo da funzionare anche in caso di guasto, installando un sistema di emergenza. L'ESP può frenare in modo indipendente il veicolo senza alcun intervento da parte del guidatore; Human Machine Interface, un sistema di realtà aumentata che aiuterà il guidatore a comprendere e utilizzare intuitivamente il sistema, proiettando nel campo visivo del guidatore informazioni come velocità, suggerimenti di navigazione e avvisi. L'effetto che ne deriverà sarà quello di una fusione di questi elementi virtuali con l'ambiente circostante; infine l'iboster, un servofreno che, a differenza di quelli classici, può operare senza la generazione di vuoto da parte del motore a combustione interna e rimane attivo durante la guida a trazione elettrica e che può essere utilizzato in tutti i sistemi di propulsione e trasmissione ed è particolarmente adatto per i veicoli ibridi ed elettrici.

Si può dire che c'è un forte investimento nell'ambito della guida autonoma in quanto si ha l'obiettivo di preparare le basi per arrivare a una prospettiva ancora più futuristica con il fine di far interagire non solo le auto ma l'intera infrastruttura stradale. L'ANAS ha avviato il progetto Smart Road riguardo le infrastrutture, ovvero le strade, che – secondo la visione dell'Anas –«devono essere capaci di parlare agli utenti e ad esse stesse»⁵¹. In questo caso si parla di un futuro tutto da costruire, con l'introduzione e lo sviluppo sempre più diffuso di sistemi di connettività in movimento, l'ampliamento delle infrastrutture viarie e l'aumento della capacità di esercizio per mezzo della tecnologia. Con questa visione le moderne arterie stradali diverranno *green*, dotate di vie di comunicazione dati e di energia, completamente

⁵⁰<http://motori.quotidiano.net/autoguidaautonoma/dalla-guida-autonoma-alla-cybersecurity-5-concetti-viaggiare-sicurezza-le-auto-del-futuro.htm>

⁵¹<https://www.stradeanas.it/it/smart-road-anas-porta-l-italia-verso-la-mobilita-del-futuro>

integrate nella rete intermodale dei trasporti e delle informazioni. Grazie alle nuove tecnologie le smart road possono dialogare con gli utenti a bordo dei mezzi per fornire in tempo reale informazioni circa traffico, incidenti e meteo. Dal 2018 un decreto regola la sperimentazione e diversi progetti sono in cantiere.

La definizione ufficiale di smart road contenuta nel Decreto Smart Road emanato in Italia nel 2018 recita:

«Si definiscono Smart Road le infrastrutture stradali per le quali è compiuto [...] un processo di trasformazione digitale orientato a introdurre piattaforme di osservazione e monitoraggio del traffico, modelli di elaborazione dei dati e delle informazioni, servizi avanzati ai gestori delle infrastrutture, alla pubblica amministrazione e agli utenti della strada, nel quadro della creazione di un ecosistema tecnologico favorevole all'interoperabilità tra infrastrutture e veicoli di nuova generazione»⁵².

Consentire la comunicazione e la connessione con i veicoli che la percorrono è l'obiettivo delle smart road, le strade intelligenti che sono ormai un elemento fondamentale della nuova mobilità. Qualcuno le chiama strade del futuro, ma le smart road stanno già diventando realtà, in quanto tassello fondamentale in un più ampio progetto di smart city e smart mobility. Per questo il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti nel 2018 ha emanato il Decreto Smart Road, indicando quali sono i nuovi servizi smart che riguardano le strade, e dove e quando verranno effettuati. A settembre 2020 il Decreto è stato aggiornato: ora prevede la sperimentazione di mezzi di trasporto innovativi che, per esempio, non dispongono di un volante o di una pedaliera. Si apre dunque uno scenario di mezzi totalmente autonomi che cominciano a percorrere le nostre strade, attualmente ancora sotto la supervisione degli addetti ai lavori.

Anas prevede di investire complessivamente 1 miliardo di euro nei prossimi anni per progetti di digitalizzazione, tra cui si inseriscono 3000 km di smart road, progetto al quale lavora da tempo. A maggio 2021 ha comunicato che sono già in corso investimenti per 250mila euro.

La smart road è una strada intelligente sulla quale i veicoli che la percorrono possono comunicare e connettersi tra di loro di conseguenza si agevola il trasporto grazie

⁵²<https://www.economyup.it/mobilita/smart-road-che-cosa-sono-le-strade-intelligenti-del-futuro-e-a-che-punto-siamo-in-italia/>

all'implementazione di sistemi di rilevazione del meteo e del traffico attraverso i quali i viaggiatori possono richiedere in tempo reale informazioni su condizioni stradali, traffico o su situazioni particolari. Inoltre le smart road possono fornire servizi di deviazione dei flussi di traffico nel caso di incidenti, suggerimenti di traiettorie alternative, gestione di accessi, parcheggi e rifornimenti, interventi tempestivi in caso di emergenze. Il report Smart Roads presentato a gennaio 2020 da Indra, società internazionale di consulenza e tecnologia specializzata nella smart mobility, stima che le strade intelligenti genereranno nel 2022 un business da oltre 30 miliardi di dollari.

Internet of Things (IoT), Big data e intelligenza artificiale (AI), insieme a tecnologie quali 5G e Edge Computing, Blockchain, BIM (Building Information Modeling), droni e DAS (Distributed Acoustic Sensing), rivoluzioneranno il settore del traffico stradale guidandolo verso nuovi modelli di sfruttamento delle infrastrutture. In questo contesto le società tecnologiche acquisiscono sempre maggiore importanza diventando partner delle società di trasporto. Le nuove tecnologie contribuiranno a convertire le strade convenzionali in ecosistemi intelligenti, abilitando una gestione del traffico in tempo reale e automatizzata più sicura, efficiente e sostenibile. Una nuova mobilità che punta a migliorare l'esperienza del viaggiatore, riducendo le emissioni di Co2 e, nel futuro, puntando a ridurre o addirittura eliminare gli incidenti stradali.

Ma come vengono utilizzate nello specifico queste tecnologie per le smart road? Grazie al continuo monitoraggio in tempo reale delle infrastrutture e della strada attraverso tecnologie IoT, si può rilevare lo stato del traffico e gestire la segnaletica dinamica, a cui si aggiunge il flusso continuo dei Big data e gli algoritmi che analizzano le informazioni acquisite consentendo di prevedere i flussi veicolari in determinate fasce orarie e in giorni specifici, o addirittura di effettuare calcoli probabilistici sui possibili incidenti che potrebbero verificarsi a certe condizioni di traffico. L'Artificial Intelligence e l'attività di Data analysis contribuiscono a migliorare e ottimizzare la gestione della manutenzione ordinaria e straordinaria delle infrastrutture stradali, mentre la tecnologia 5G offre una connessione a bassa latenza che garantisce nuove funzionalità e quindi un miglioramento delle prestazioni e della quantità di servizi disponibili. L'Edge Computing, tecnologia legata alla possibilità di trasferire parte dell'intelligenza presente nella rete ai suoi confini, favorisce il debutto della guida autonoma. La gran mole di dati da analizzare e mettere a sistema, tra cui la gestione dei tempi e l'analisi dei costi, richiede la progettazione BIM, rappresentazione digitale e tridimensionale delle

opere infrastrutturali. I droni possono diventare una specie di occhi volanti per sorvegliare viadotti, gallerie e aree non facilmente ispezionabili dai mezzi tradizionali, intanto che tecnologie come DAS (rilevamento acustico distribuito) e DTS (rilevamento termico distribuito) consentono di installare su strada dispositivi intelligenti e fibra ottica che permettono di rilevare incidenti in tempo reale.

Gli esperti di Indra⁵³ prevedono un futuro in cui sarà possibile accedere con la realtà virtuale a un centro di controllo del traffico, fisico o in cloud, automatizzato e in grado di prevedere e mitigare un ingorgo, guidare un veicolo autonomo hackerato o rispondere in tempo reale prima di un incidente. Gli incidenti potranno essere rilevati in tempo reale grazie a dispositivi intelligenti e fibra ottica installati sulla strada, con tecnologie come DAS (Distributed acoustic sensing, rilevamento acustico distribuito), DTS (Distributed temperature sensing, rilevamento termico distribuito) e intelligenza e visione artificiale. Il sistema avrà la facoltà di gestire gli eventi in automatico. In pratica potrà prendere decisioni quali mobilitare droni attivi in prossimità per una valutazione iniziale della situazione, alterare il corso del traffico in previsione di un ingorgo, segnalare il pericolo agli utenti.

In Italia è stato avviato il progetto “Arena del futuro”, che riunisce partner nazionali e internazionali impegnati a sperimentare nuove forme di mobilità, pronto da giugno 2022 a commercializzare i primi risultati. Nel maggio 2021 è stata avviata la collaborazione tra enti, aziende e università per porre le basi di un pezzo di smart road, ovvero una strada intelligente e connessa, lungo un tratto autostradale nel bresciano, che consenta di viaggiare con un’auto elettrica senza doversi più fermare per ricaricarla. Obiettivo finale: lo sviluppo di un innovativo sistema di mobilità delle persone e delle merci a zero emissioni lungo corridoi di trasporto autostradali. Il progetto è infatti incentrato sulle auto elettriche e sulla loro ricarica in ottica di sostenibilità ambientale. A dicembre 2021 sono stati effettuati i primi test che vedono i veicoli elettrici ricaricarsi viaggiando sulle corsie. Il 10 giugno 2022 è stata ufficialmente presentata a Chiari (Brescia) la tecnologia di ricarica a induzione per auto elettriche o DWPT (Dynamic Wireless Power Transfer), che permette ai veicoli elettrici di ricaricarsi viaggiando su corsie dedicate, grazie a un innovativo sistema di spire posizionate sotto l’asfalto che trasferiscono direttamente l’energia necessaria ai mezzi (auto, camion, bus). Un sistema di mobilità a zero emissioni, che include differenti elementi studiati dalle eccellenze industriali

⁵³ Indra è una società di consulenza e tecnologia per le operazioni di business dei propri clienti in tutto il mondo. E' specializzata nello sviluppo di soluzioni tecnologiche nei settori: Sicurezza e Difesa, Trasporto e Traffico, Energia e Industria, Telecomunicazioni e Media, Finance, Pubblica Amministrazione e Sanità.

coinvolte per interagire tra loro, quali asfalto, centraline, cavi, veicoli elettrici e connettività 5G.

In Italia a partire dal 2021 si è avviato un progetto per iniziare a testare un tratto di smart road lungo l'autostrada A35 Brebemi, il gruppo che collaborerà nell'iniziativa è formato da: Autostrada A35 Brebemi-Aleatica, ABB, Electreon, FIAMM Energy Technology, IVECO, IVECO Bus, Mapei, Pizzarotti, Politecnico di Milano, Prysmian, Stellantis, TIM, Università Roma Tre e Università di Parma. Il progetto prevede, in particolare:

- la costruzione di un anello di asfalto di 1.050 metri alimentato con una potenza elettrica di 1 MW, denominato “Arena del Futuro”, situato in un'area privata dell'autostrada A35 in prossimità dell'uscita Chiari Ovest. Questa iniziativa è già, di fatto, operativa;
- l'applicazione della tecnologia “Dynamic Wireless Power Transfer” a diverse gamme di veicoli elettrici in ambiente statico e dinamico;
- la connettività avanzata mediante tecnologie 5G e IoT (Internet of Things) per garantire la massima sicurezza stradale e ottimizzare la produttività dei veicoli commerciali;
- l'ottimizzazione della pavimentazione stradale al fine di renderla più durevole e non alterare l'efficienza della carica induttiva.

Questo esempio nazionale è stato scelto perché permette di comprendere non solo la portata dell'investimento per lo sviluppo delle smart road e della guida autonoma ma anche quanto ci si stia avvicinando a concretizzare un nuovo concetto di mobilità.



Figura 4.1 Fotografia che rappresenta l’Arena del futuro, l’anello di asfalto alimentato ad elettricità per lo sviluppo della guida elettrica in Italia.

4.2 Scenario degli sviluppi

Il 14 luglio del 2022 è una data importante per la circolazione stradale in quanto è entrato in vigore in tutta Europa l’articolo 34 bis che aggiunge alla Convenzione di Vienna il concetto di guida automatica consentendo dunque al conducente dell’auto di lasciare il volante, perlomeno in specifiche condizioni. A cominciare dagli ADAS di livello 3, ovvero un sistema di guida autonoma. Ma il conducente resta comunque responsabile della sua auto e deve quindi intervenire se presenta malfunzionamenti o problemi elettrici. Gli ADAS sono già pronti per la commercializzazione e in grado di guidare senza superare i 60 km/h e permettono al conducente di riprendere il controllo della vettura quando emettono un allarme. Tuttavia il passaggio dalla teoria alla pratica è difficile. Sono gli esperti del settore ad ammetterlo, visto che l’attuazione passa attraverso processi complessi. La stessa Convenzione di Vienna stabilisce che la guida automatica può uscire dalla fase sperimentale solo se recepita dalle leggi nazionali. In Italia, per esempio, l’ultimo decreto legge sulle infrastrutture,

trasporti e mobilità sostenibile n. 68 del 16 giugno 2022 non prevede alcun ritocco del codice della strada in funzione della guida automatica. Non va meglio negli altri Paesi Ue: su 100 esperti del settore automobilistico, intervistati dal *Global guide to autonomous vehicles 2022*, solo il 51% di loro ritiene che l'intervento del governo possa dare una spinta decisiva al decollo della guida autonoma.

Inoltre, come già accennato, l'Unione Europea ha reso effettivo il *Regolamento europeo 2019/2144*, applicato a decorrere dal 6 luglio 2022, che implica l'obbligo di omologazione UE di alcuni ADAS da parte di tutte le aziende e gli stessi verranno resi obbligatori alla vendita e immatricolazione il 7 Luglio 2024. Di conseguenza sono stati posti degli obiettivi da raggiungere per gli stati membri, ovvero riuscire a dimezzare le vittime su strada e i feriti gravi entro il 2030, con un raggiungimento del 30% dei veicoli in circolazione dotati di ADAS obbligatori. In realtà considerando il blocco del periodo Covid e le difficoltà riscontrate nel cablaggio e nella gestione delle nuove tecnologie, in particolare dal livello 3, si prevede che la percentuale del rinnovo del parco macchine si abbasserà del 4% nel 2025 e del 5% nel 2030 in confronto al 50% posto come obiettivo dall'Unione Europea. Pertanto anche l'intento di portare a zero le vittime e i feriti gravi entro il 2050 sembra improbabile nonostante l'Unione abbia deciso di fermare la produzione di auto a motore endotermico nel 2035 e nonostante si stiano testando le auto di livello 4 e 5 in quanto, come già riscontrato, a oggi si sta cercando di formulare una nuova tecnologia che riesca a gestire al meglio tutti i dispositivi dal momento che nelle auto di livello 3 sono state riscontrate diverse difficoltà, dalla gestione alla sicurezza. Di seguito si propone uno scenario riepilogativo che permette di osservare la situazione attuale. (Figura 4.2)

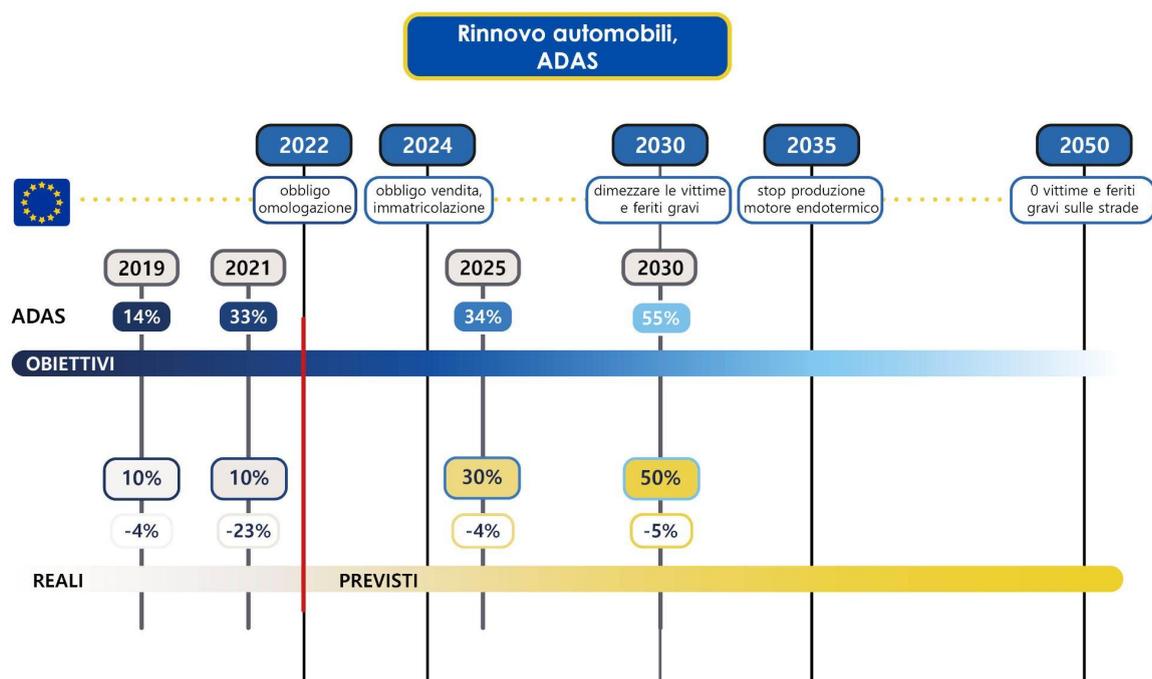


Figura 4.2 Scenario degli obiettivi e delle previsioni per lo sviluppo e rinnovo auto con ADAS.

Secondo lo studio *Rebooting Autonomous Driving* di Accenture⁵⁴ l'industria sta lavorando alla risoluzione delle criticità che al momento impediscono la reale autonomia. I sistemi di AI non sono ancora in grado di distinguere appieno i segnali stradali o di garantire l'operatività, ad esempio, in caso di asfalto innevato.

Il mercato dell'auto a guida autonoma è destinato a crescere: si prevede un aumento della vendita di questa tipologia di veicoli nei prossimi anni, ma la quota maggiore del mercato automotive sarà ancora rappresentata da mezzi con funzioni di assistenza alla guida, seppur avanzate. A prima vista, infatti, i veicoli driverless potrebbero sembrare una realtà dei nostri giorni più di quanto non lo siano effettivamente, ma la maggior parte si trova ancora in fase sperimentale. Inoltre, l'industria automobilistica sta ancora lavorando per aumentare le performance e risolvere le criticità dei veicoli di livello 3 (auto che esonerano il conducente dalla necessità di avere sempre il controllo del veicolo, purché sia pronto a intervenire immediatamente in caso di bisogno). A dirlo è lo studio di Accenture *Rebooting Autonomous*

⁵⁴ Accenture PLC è una multinazionale con sede legale a Dublino, in Irlanda, operante nel settore della consulenza strategica e direzionale e dell'esternalizzazione. Essa è stabilmente nel gruppo Fortune 500, la classifica delle prime 500 multinazionali al mondo per fatturato.

Driving, che traccia una fotografia del mercato dell'auto delineandone prospettive e opportunità di business fino al 2030.

«La guida autonoma rappresenta uno dei quattro grandi macro trend che stanno rivoluzionando il settore Automotive, sempre più guidato da Intelligenza Artificiale, processi di Machine Learning, utilizzo di Big Data e software avanzati»⁵⁵ spiega Teodoro Lio, Consumer & Manufacturing Industries Lead di Accenture Italia, Europa Centrale e Grecia. «Negli ultimi anni sono stati fatti degli enormi passi avanti nello sviluppo di veicoli autonomi. Molte case automobilistiche e nuovi player di settore hanno preso posizione dichiarando che le auto guidate dall'intelligenza artificiale sarebbero diventate realtà entro il 2025. Tuttavia, con la tecnologia e gli algoritmi di deep learning disponibili, siamo ancora lontani dal raggiungimento di questo traguardo. Ad oggi, l'intelligenza artificiale non è ancora in grado di distinguere un segnale stradale reale da uno modificato o guidare su strada quando l'asfalto è coperto di neve. C'è poi un tema di complessità del contesto di guida, molto più rilevante in Europa rispetto ad altre zone, come ad esempio la California, dove si sono svolte le prime sperimentazioni in questo senso»⁵⁶.

Tuttavia nei prossimi anni sempre più veicoli avranno funzioni di guida assistita o altri optional di guida semi-autonoma avanzate: infatti si prevede che entro il 2030 il 60% di tutte le nuove automobili saranno dotate di funzioni di livello 2. Esiste però un rovescio della medaglia dal momento che gli attuali sistemi non sono ancora in grado di sostenere adeguatamente la navigazione autonoma delle automobili nel traffico urbano. Anche l'apprendimento supervisionato – la tecnologia che consiste nel fornire al sistema informatico della macchina grandi pacchetti di dati etichettati e un metodo di interpretazione che diventa il database di informazioni ed esperienze – non è sufficiente per permettere all'Intelligenza Artificiale di sostituire un conducente in carne e ossa. Inoltre, essendo la realizzazione di automobili premium di livello 3 (con guidatore pronto ad agire) e livello 4 (con conducente che agisce su pedali e volante solo in caso di emergenza) molto costosa, si prevede che non rappresenterà più del 5% totale del mercato automotive entro il 2030. Le auto di livello 5 (senza alcun ausilio del guidatore) richiedono sistemi completamente adattivi, basati interamente su intelligenza artificiale e machine learning. Le previsioni hanno quindi largamente sovrastimato il potenziale tecnologico a disposizione e, nel breve termine,

⁵⁵<https://www.corrierecomunicazioni.it/digital-economy/auto-a-guida-autonoma-intelligenza-artificiale-croce-e-elizia-piattaforme-ancora-acerbe/>

⁵⁶ <http://motori.quotidiano.net/autoguidaautonoma/guida-autonoma-non-realta-nel-2030-60-dei-veicoli-sara.htm>

l'obiettivo di mettere in produzione veicoli driverless è praticamente irraggiungibile, a meno che questi sistemi non possano dimostrare qualcosa di simile al ragionamento umano durante la fase di sviluppo. Per fare un esempio, in questo momento non esiste un algoritmo in grado di distinguere, senza possibilità di errore, tra un segnale di traffico reale e uno che potrebbe essere stato alterato. Il livello attualmente raggiunto dalla tecnologia AI, seppur decisamente all'avanguardia, non è sufficiente per supportare adeguatamente la guida autonoma. È quindi necessaria un'infrastruttura adeguata, altrimenti l'intero sistema non potrebbe essere ritenuto abbastanza sicuro per la produzione di serie. «Passare da auto di livello 1», prosegue Teodoro Lio, «a veicoli con funzionalità avanzate di guida assistita (livello 2), è stato relativamente veloce, grazie ai progressi tecnologici raggiunti. Per arrivare ad auto completamente autonome (livello 5) è però necessario un importante cambio di passo che coinvolga non solo i produttori di automobili – chiamati ad attivare nuove collaborazioni ecosistemiche, modificare il modo in cui vengono costruite le auto e continuare a sviluppare nuove funzionalità e software avanzati – ma anche l'intero contesto istituzionale, di mobilità urbana e normativo»⁵⁷. Uno scenario che conduce a due possibili alternative nello sviluppo del mercato: la guida supervisionata in un ecosistema open-ended, che preveda la presenza del conducente all'interno del veicolo o in centrale operativa; oppure la guida autonoma in ambiti ristretti, che consideri di ridurre la complessità degli ambienti circostanti, in modo tale che non sia più necessaria la presenza del conducente a bordo. Mentre la vendita di veicoli tradizionali (Livello 0) dovrebbe costantemente diminuire nei prossimi anni, si prevede che i veicoli dotati di funzioni avanzate di assistenza alla guida (livello 2) rappresenteranno la quota maggiore di mercato, con una percentuale del 60% nel 2030. Guardando ai prossimi anni, si prevede che i settori con maggiore potenziale probabilmente saranno quelli dei veicoli privati e commerciali con funzioni di assistenza al conducente per le automobili (come il “traffic jam pilot” – guida autonoma in caso di congestione del traffico – di livello 2) o funzioni di guida autonoma per applicazioni specifiche per la logistica (come la movimentazione dei container di livello 4). Per gli Original Equipment Manufacturer (OEM) diventa fondamentale ottenere licenze di hardware e software da operatori tech. In alternativa, dovrebbero sviluppare autonomamente degli hardware per i veicoli. Un'opzione, questa, che non consentirebbe la proprietà del software e del “data element” sulle autovetture prodotte e ciò corrisponderebbe ad una perdita fondamentale in termini di proprietà tecnologica. Quindi,

⁵⁷<https://www.corrierecomunicazioni.it/digital-economy/auto-a-guida-autonoma-intelligenza-artificiale-croce-e-elizia-piattaforme-ancora-acerbe/>

gli OEM dovrebbero concentrarsi sulla creazione di partnership strategiche e sviluppare modelli di business fondati sulle licenze con aziende terze del settore tech.

I veicoli automatizzati (AV) dovrebbero entrare nel mercato nei prossimi anni. Tuttavia, la loro introduzione non sarebbe solo tecnologica, ma anche sociale, ed è quindi fondamentale esaminare gli atteggiamenti, le opinioni e le convinzioni del pubblico sugli AV. È particolarmente interessante studiare quando si stima che gli AV vengano accettati e adottati e interrogarsi sulla disponibilità a pagarli. Mentre ci si aspetta che i veicoli con automazione condizionale (ad es. livello SAE 3) svolgano l'intera attività di guida dinamica in specifiche condizioni ambientali, geografiche o presenza di determinate caratteristiche stradali, con l'aspettativa che un conducente risponda a una richiesta di intervenire, si prevede che i veicoli completamente automatizzati (ad es. livello SAE L5) svolgono tutti gli aspetti dell'attività di guida su tutte le strade e le condizioni ambientali. I fautori⁵⁸ sostengono che i veicoli elettrici potrebbero aumentare la sicurezza stradale, migliorare l'utilizzo della rete stradale, ridurre le conseguenze ecologiche indesiderabili del viaggio e, in definitiva, migliorare la mobilità per tutti gli utenti della strada.

Pertanto è stata considerata un'indagine di alcuni ricercatori per l'International Journal of Transportation Science and Technology dove si sono concentrati sulla raccolta di un campione quasi equilibrato per età e sesso di 725 intervistati (351 femmine, 374 maschi) con una fascia di età compresa tra 18 e 56 anni. L'evidenza di questo studio trasversale di indagine online suggerisce che l'accettazione e l'adozione stimate e anticipate degli AV è prevista entro i prossimi 10-20 anni rispettivamente a livello SAE L3 e L5. Inoltre, nonostante il 33-41 % degli intervistati non sia disposto a pagare di più per un AV né a L3 né a L5, in media la disponibilità a pagare di più per un AV era piuttosto alto con il 10,6 % in più per un AV a L3 (rispetto a un veicolo tradizionale a livello SAE L0 a L2) e 14,5 % a L5. Inoltre, i nostri risultati qualitativi indicano che la maggior parte degli intervistati si aspetta che il governo contribuisca all'introduzione degli AV. L'introduzione di un quadro giuridico è di primaria importanza per il pubblico. Inoltre, le richieste riguardano aiuti finanziari per lo sviluppo e l'acquisto di AV, la fornitura delle infrastrutture necessarie e la promozione dell'accettazione pubblica.

⁵⁸ Fagnant e Kockelman, 2015 , Gkartzonikas e Gkritza, 2019 , Greenblatt e Saxena, 2015 , Millard-Ball, 2018 , Pettigrew, 2017

Tuttavia, la sola disponibilità tecnologica non è sicuramente sufficiente e l'ampia accettazione e adozione da parte della società potrebbe non essere data. Pertanto, i produttori e i responsabili politici dovranno affrontare gli atteggiamenti, le opinioni, le convinzioni e le esigenze dei consumatori del pubblico se vogliono non solo una rivoluzione tecnologica, ma anche sociale con i veicoli elettrici nel nostro traffico stradale in futuro.

Sono state prese in riferimento diverse analisi e statistiche per estrapolare i dati precedenti, ad esempio in questa sono state testate due ipotesi secondo cui l'accettazione e l'approvazione degli AV per il livello SAE L3 è stimata diversi anni prima di L5, indipendentemente dall'età e dal sesso (H1.1) e che non ci aspettiamo alcun effetto di interazione tra quei tre gruppi di età degli IV, genere e livelli SAE (H1.2). I risultati hanno rivelato un effetto principale significativo per i livelli di SAE del fattore interno ai soggetti, $F(1, 561) = 537,27, p < .001, \eta^2 p = .49$, indicando un effetto ampio secondo Cohen (1988), mentre L3 ($M = 10,2, SD = 6,8$) è stimato quasi 10 anni prima di L5 ($M = 19,7, SD = 12,6$; cfr. Fig. 1). Tuttavia, non sono stati riscontrati effetti principali significativi per il gruppo di età dei fattori tra soggetti, $F(1, 561) = 0,37, p = 0,901$ e sesso, $F(1, 561) = 0,29, p = 0,588$ e nessun effetto di interazione, né per livelli SAE \times sesso, $F(1, 561) = 0,12, p = 0,733$, né livelli SAE \times gruppi di età, $F(6, 561) = 1,80, p = 0,096$, né gruppi di età \times sesso, $F(6, 561) = 0,50, p = 0,810$, né livelli SAE \times gruppi di età \times sesso, $F(6, 561) = 0,41, p = 0,870$. Pertanto, potremmo accettare H1.1 e H1.2. (Figura 4.3)

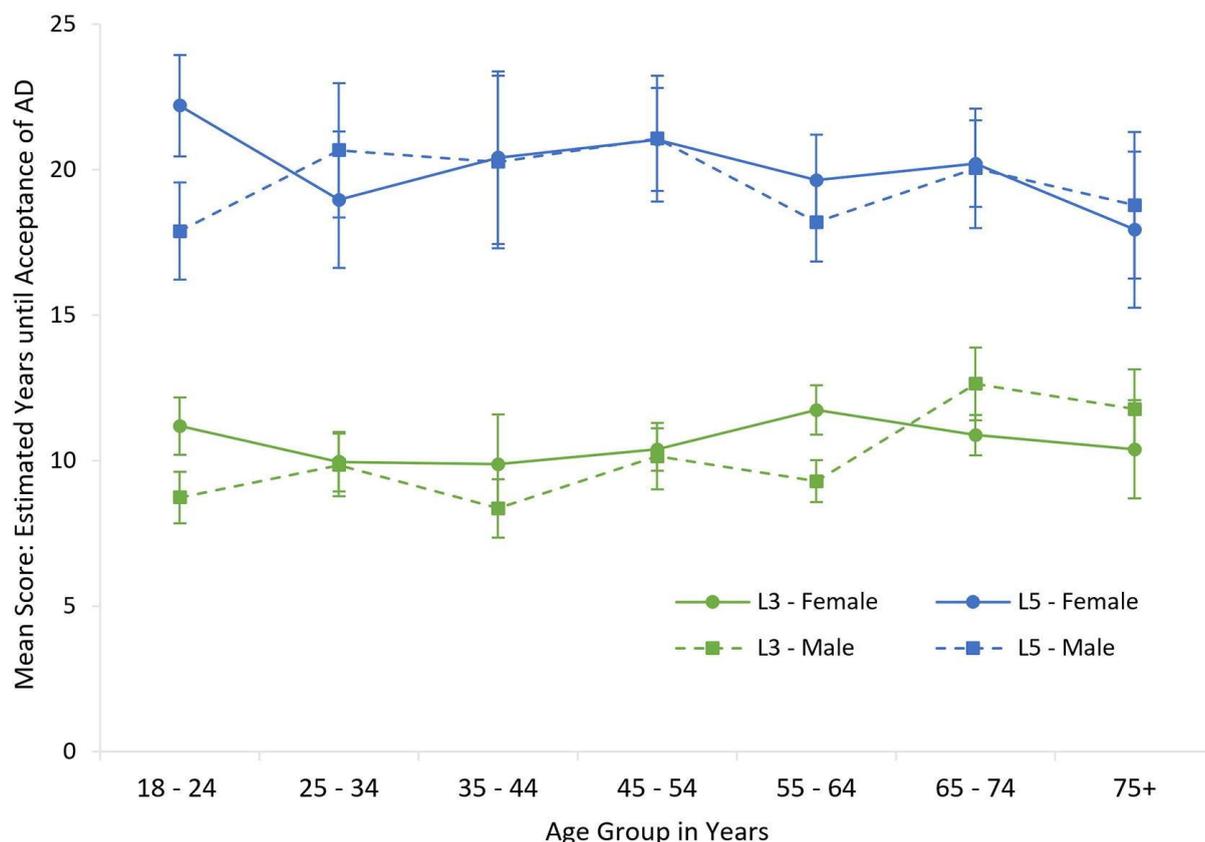


Figura 4.3 Punteggi medio ed errore standard della media (SEM) per gli anni stimati fino all'accettazione e all'approvazione dell'AD differenziati rispettivamente per donne e uomini nonché per L3 e L5.

Le loro stime sono state giustificate con 491 menzioni di fattori che impediscono l'approvazione e l'accettazione e 24 menzioni di fattori facilitanti. I fattori ostativi sono stati raggruppati in 11 cluster. Fig. illustra la loro frequenza relativa. Come si può vedere, sono state menzionate più spesso una percepita mancanza di maturità tecnologica e questioni legali. Questi due cluster hanno rappresentato il 65,0% di tutte le menzioni relative a potenziali ostacoli. C'era un consenso sul fatto che la tecnologia alla fine maturerà, ma è necessario più tempo. Allo stesso modo, i partecipanti presumevano che le questioni legali sarebbero state risolte, ma il processo di approvazione legale e la creazione di un quadro giuridico per i veicoli elettrici sulle strade pubbliche richiederanno più tempo anche dopo il raggiungimento della maturità tecnologica. Il restante 35,0% delle codifiche sulle barriere riguardava la convinzione che gli AV saranno accettati solo dopo che la loro sicurezza sarà stata dimostrata ai potenziali utenti (13,1%), che l'infrastruttura stradale deve essere sviluppata prima che gli AV possano operare e di conseguenza essere accettati (8,6%) (Figura 4.4).

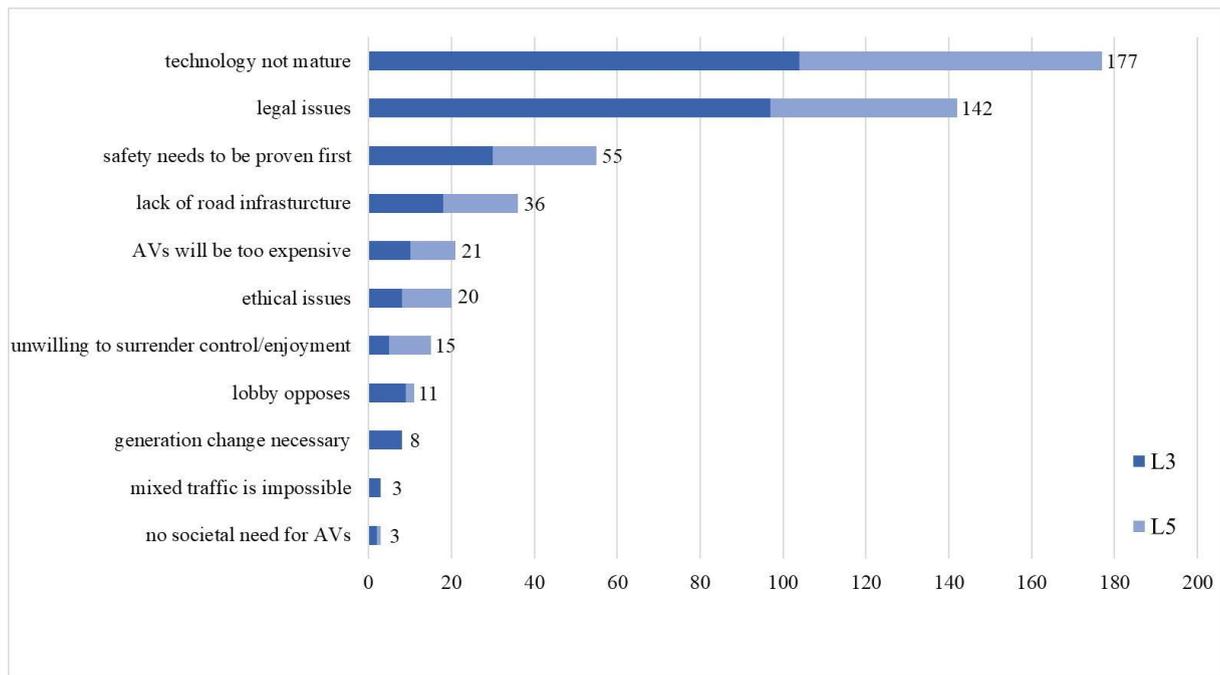


Figura 4.4 Fattori che impediscono l'approvazione legale e l'accettazione di AV, numero di menzioni, codifiche N = 491.

La parte complessa è che noi come conducenti - esseri umani seduti al volante - abbiamo davvero difficoltà a capire le caratteristiche uomo-macchina di quale potrebbe essere il nostro nuovo ruolo. Come esseri umani siamo davvero in sintonia con la comprensione: stiamo guidando o non stiamo guidando? Sono responsabile del funzionamento di questo veicolo o sono un passeggero nel veicolo durante il viaggio? Ora, man mano che automatizziamo di più, andiamo avanti nella nostra ricerca della guida collaborativa, dovremo definire alcuni punti intermedi in cui guidare non significa necessariamente guidare in modo tradizionale. Tuttavia, abbiamo bisogno di educare la popolazione ben oltre SAE 3016 per capire quale può essere il ruolo di un individuo in un dato momento ed è proprio l'interfaccia uomo-macchina che è fondamentale per fornire quella comprensione anche se oggi sembra impossibile. Deve essere ripetuto nel tempo se intendiamo distribuire con successo tutte le tecnologie su cui stiamo lavorando. Quindi, come possiamo spostare le persone dalla comprensione delle basi: dalla guida tradizionale, alla guida moderna, e come la guida potrebbe essere molto diversa (Figura 4.5).

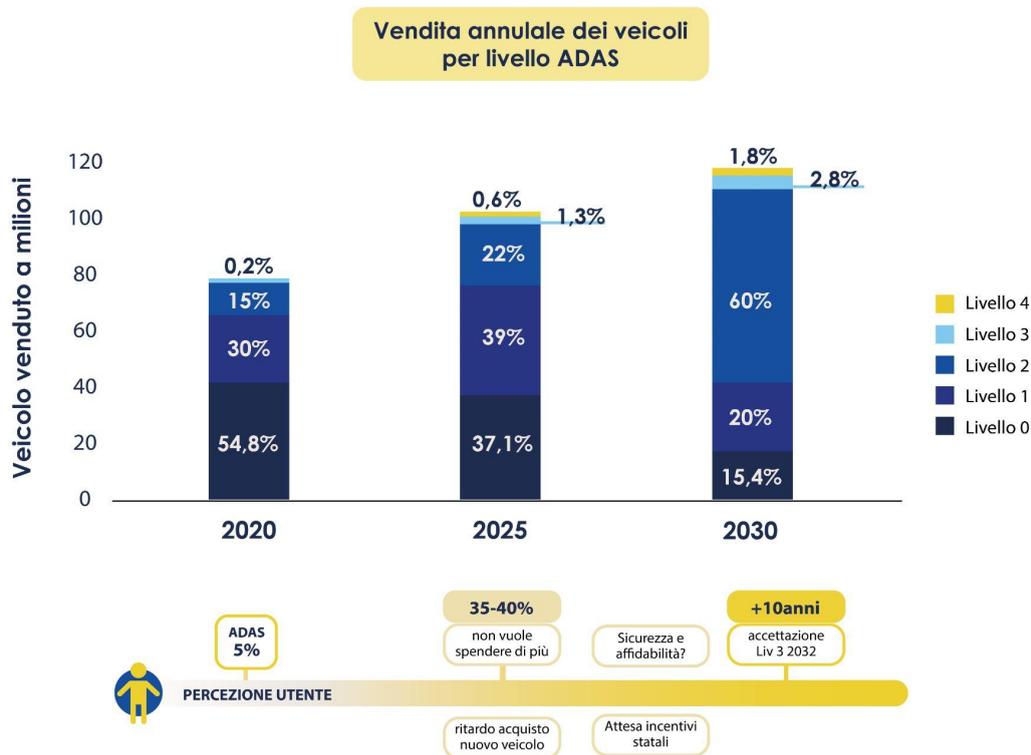


Figura 4.5 Distribuzione della vendita dei vari livelli SAE negli anni e percezione dell'utente in merito.

Lo scenario italiano si differenzia in quanto il parco auto circolante nazionale è tra i più vetusti d'Europa. Quanto tempo ci vorrà per rinnovarlo? La domanda è scritta da tempo a lettere cubitali nelle agende delle principali associazioni automotive. Si tratta di una priorità, che risponde a due necessità.

Primo: diminuire le emissioni inquinanti, per rispettare le sempre più stringenti normative europee. Secondo: aumentare la sicurezza dei veicoli e, quindi, di chi viaggia. Obiettivi nobili, che però si scontrano con una fotografia che parla da sola e, al tempo stesso, con variabili, quali gli incentivi a singhiozzo e, in questo momento, la crisi produttiva, che non favoriscono il ricambio. Approfondiamo il tema con le dichiarazioni di Michele Crisci, presidente di Unrae⁵⁹.

⁵⁹ L'UNRAE, Unione Nazionale Rappresentanti Autoveicoli Esteri, è l'Associazione delle Case automobilistiche estere che operano in Italia nella distribuzione e commercializzazione di autovetture, veicoli commerciali e industriali, bus, rimorchi, semirimorchi e allestimenti, caravan e autocaravan con le relative reti di assistenza tecnica e di ricambi originali.

Le ultime statistiche di Unrae (aggiornate a fine 2020) rivelano che in Italia circolano 38.620.000 auto, così distribuite in termini di classi ambientali: 27,4% Euro 6, 18,2% Euro 5, 26,4% Euro 4 e ben il 28% ante Euro 4 (11,7% Euro 3, 7,6% Euro 2, 5% Euro 1 e 3,7% Euro 0). Parliamo quindi di 10.813.600 autovetture vetuste ed inquinanti. Se si considerano anche i veicoli commerciali, si arriva a sfiorare il 40%.

L'Italia è inoltre uno dei Paesi europei con il più alto rapporto tra auto circolanti e numero di abitanti, ben 646 auto ogni 1.000 abitanti: un fattore che influisce sulla lentezza del rinnovamento, perché, in questo periodo, con la capacità di spesa degli italiani ridotta dalla coda lunga del Covid chi possiede l'auto (e, come detto, nel nostro Paese sono in tanti ad averla vecchia) tende a tenerla e a rinviare l'acquisto di una vettura nuova.

Considerando a giugno 2022 sono state infatti 127.209 le auto nuove immatricolate, cifra che rispetto alle 149.670 vetture di giugno 2021 segnano un calo del 15,0%. Il consuntivo di metà anno arriva a un totale di 684.228 immatricolazioni contro 885.090, ovvero un pesante -22,7% rispetto al primo semestre 2021, il conto è presto fatto: anche immaginando una ripresa nei prossimi anni a quota 1,7-1,8 milioni di auto nuove vendute all'anno, di questo passo occorrerebbero per assurdo almeno due decenni per rinnovare tutto il parco auto circolante (e nel frattempo anche quelle oggi nuove invecchierebbero). Ma quel che interessa alle associazioni del mondo automotive – e, quindi, anche a noi nel nostro calcolo – è arrivare a ringiovanire proprio quella parte ante Euro 4 di cui parlavamo prima, ovvero i quasi 11 milioni di veicoli vetusti e poco sicuri, visto che non possono ospitare le dotazioni Adas delle auto moderne.

“Quel parco circolante va rimosso attraverso le campagne di rottamazione. Non c'è alternativa” spiega Crisci. Quindi, tornando alla domanda iniziale, per rinnovare il parco auto circolante italiano occorre un piano strutturato di incentivi per l'acquisto di auto nuove e auto usate. Attualmente, come testimonia il sito del Mise, i fondi sono molto scarsi. Se la situazione non cambierà, calcolando che, in media, in Italia ogni anno vengono normalmente rottamate circa 1,5 milioni di vetture, occorreranno almeno 7 anni e mezzo per eliminare le auto più vecchie. L'intervento dall'alto, come si augura Crisci, è indispensabile per ridurre le tempistiche ad un quinquennio: occorre considerare, infatti, che nel 2021, durante l'arco temporale che ha visto la presenza di incentivi sulle auto della fascia 61-135 g/km, proprio grazie alle agevolazioni sono state rottamate 186.000 vetture obsolete in tutta Italia (fonte: Unrae) in soli tre mesi e mezzo. Con gli incentivi, è possibile dunque arrivare a rottamare

almeno oltre 646 mila auto in più ogni anno e, quindi, arrivare a eliminare una quota stimata minima di oltre 2,1 milioni di vetture vetuste l'anno, raggiungendo così l'obiettivo di "ricambiare" i veicoli vecchi entro i fatidici cinque anni.

Make	Technology Brand	Description	Alarm Type
Audi	Rest recommendation system + Audi pre sense	Uses features extracted with the help of far infrared system, camera, radar, thermal camera, lane position, proximity detection to offer features such as collision avoidance assist sunroof and windows closing high beam assist turn assist rear cross-path assist exit assist (to warn door opening when a nearby car passes) traffic jam assist night vision	Audio, display, vibration
BMW	Active Driving Assistant with Attention Assistant	Uses features extracted with the help of radar, camera, thermal camera, lane position, proximity detection to offer features such as lane change warning, night vision, steering and lane control system for semi-automated driving, crossroad warning, assistive parking	Audio, display, vibration
Cadillac	Cadillac Super Cruise	System based on FOVIO vision technology developed by Seeing Machines IR camera on the steering wheel column to accurately determine the driver's attention state	Audio and visual
Ford	Ford Safe and Smart (Driver alert control)	Uses features extracted with the help of radar, camera, steering sensors, lane position, proximity detection to offer features such as lane-keeping system, adaptive cruise control, forward collision warning with brake support, front rain-sensing windshield wipers, auto high-beam headlamps, blind spot information system, reverse steering	Audio, display, vibration
Mercedes-Benz	MB Pre-safe Technology	Uses features extracted with the help of radar, camera, sensors on the steering column, steering wheel movement and speed to offer features such as driver's profile and behaviour, accident investigation, pre-safe brake and distronic plus technology, night view assist plus, active lane keeping assist and active blind spot monitoring, adaptive high beam assist, attention assist	Audio, display
Toyota	Toyota Safety Sense	Uses features extracted with the help of radar, charge-coupled camera, eye tracking and head motion, audio, display advanced obstacle detection system, pre-collision system, lane departure alert, automatic high beams, dynamic radar cruise control, pedestrian detection,	Audio, display

Figura 4.6 Confronto tra i sistemi tecnologici per la sicurezza utilizzati dalle diverse case automobilistiche.

5. Psicologia del traffico, amaxofobia

Come si è già fatto evincere più volte, la causa principale degli incidenti stradali sono gli errori umani dato che nel 94% di essi la colpa è del guidatore. Abbiamo analizzato le cause approfondendo quelle più impattanti come la distrazione, scelta tra i focus di studio proprio perché è scaturita spesso dall'uomo. Di conseguenza la tesi vuole analizzare quelle che sono le necessità dei guidatori e perché sono portati a distrarsi, in modo da comprendere se possiamo parlare davvero solo di errore umano? come se fossimo degli ingranaggi malfunzionanti o ci sono altri motivi legati alla disattenzione? come ad esempio dei fattori psicologici e in questi casi possiamo intervenire in modo adeguato. Dunque andiamo a vedere cosa provano le persone quando guidano e approfondiamo quelli che sono aspetti radicali che spesso vengono omessi, come la psicologia del traffico, l'amaxofobia e i soggetti come gli ADHD che sono portati per natura alla distrazione. La tesi verte in questa direzione perché vuole dimostrare che non è sufficiente risolvere il problema delle vittime e feriti negli incidenti per distrazione eliminando l'errore umano e progredendo solo verso la guida autonoma, ma che utenti e tecnologia devono interagire e svilupparsi insieme per migliorare la sicurezza e questo non può essere accettato dall'utente se visto come un elemento di imposizione anche se ben raccontato. Infatti ad oggi gli utenti hanno un bassissima percezione di quelli che saranno gli sviluppi futuri nel campo automotive e chi li conosce è restio al cambiamento in quanto non viene né spiegato né curato l'approccio con il conducente. Quindi al fine di guidare l'utente verso le innovazioni tecnologiche e di intervenire in modo adeguato come assistenza alla guida viene analizzata anche la psicologia del traffico (*traffic psychology*) è un ramo tradizionale di ricerca e di intervento professionale della psicologia, ma ancora poco diffuso in Italia.

L'obiettivo principale di questo settore della psicologia è la tutela della salute pubblica nell'ambito della circolazione stradale. Essa si focalizza sui comportamenti degli utilizzatori della strada, sui processi psicologici che li sostengono e sulle caratteristiche delle infrastrutture, cercando di ridurre gli incidenti stradali e aumentare la sicurezza. Tale ambito di ricerca ed intervento è particolarmente sviluppato nell'Europa centrale, dove raggiunge standard molto elevati, in particolare in Germania e in Austria, ma è ben radicato anche in altri paesi come Spagna, Francia e Australia. I temi tipici affrontati dalla psicologia del traffico riguardano, ad esempio, gli effetti di diversi fattori come alcol, droghe o farmaci,

affaticamento e stanchezza, sulle capacità di guidare in sicurezza; le cause dell'alto rischio di incidenti stradali dei conducenti giovani neopatentati; il ruolo dei processi cognitivi quali l'attenzione, il sovraccarico cognitivo, ecc.; le cause della guida a velocità inadeguata o l'assunzione di comportamenti a rischio; i fattori di personalità che possono concausare incidenti stradali.

Fra i principali campi di intervento professionale di questa disciplina, un posto centrale è occupato dalla valutazione psicologica dell'idoneità alla guida. A differenza di altri paesi, dove tali valutazioni rientrano nell'iter normale di idoneità per ogni cittadino, in Italia questi accertamenti possono essere richiesti per motivi particolari, come per il rinnovo della patente ad un guidatore anziano o ad una persona con problemi di alcolismo. Nel primo caso, un'attenta analisi delle capacità cognitive e psicomotorie del conducente anziano potrebbe portare al suggerimento di imporre alcune restrizioni nell'ambito di guida dello stesso, come ad esempio l'obbligo di guidare entro un raggio di 30 chilometri dall'abitazione.

Un'altra possibile applicazione è volta alla prevenzione degli incidenti stradali e alla promozione di comportamenti di guida sicuri. Questa attività può portare alla realizzazione di campagne informative mediante differenti mezzi di comunicazione, alla partecipazione nella progettazione delle infrastrutture o dei sistemi di assistenza alla guida, alla collaborazione con le Forze dell'Ordine nella pianificazione dei controlli e alla consulenza rivolta ai politici per la realizzazione di leggi *ad hoc*. Fondamentale in questa attività risulta essere la valutazione dell'efficacia degli interventi proposti ed applicati.

Infine, la psicologia del traffico è alla base della formazione degli operatori che si occupano di sicurezza stradale a vario titolo e, più in generale, dell'educazione stradale rivolta a tutti i cittadini o a particolari categorie, come ad esempio i giovani neopatentati.

Queste attività richiedono approcci interdisciplinari che si avvalgono di conoscenze derivanti da differenti discipline psicologiche, dalla psicologia cognitiva a quella sociale, ma anche da altri ambiti professionali come la medicina, le scienze ingegneristiche, l'ergonomia, le discipline di tipo pedagogico, sociologico e legale. L'interdisciplinarietà non è solo legata alle conoscenze, ma anche all'attività professionale stessa, in quanto lo psicologo del traffico è chiamato a collaborare con differenti figure di professionisti quali, ad esempio, le Commissioni Mediche per l'accertamento dell'idoneità alla guida; gli operatori dei servizi di

prevenzione del Sistema Sanitario Nazionale; gli ingegneri relativamente alla progettazione delle infrastrutture stradali e gli operatori delle autoscuole.

Gli psicologi stanno anche lavorando per testare la tecnologia nelle automobili con la massima efficacia e minima distrazione. Benjamin Wolfe, PhD, e Anna Kosovicheva, PhD, psicologi dell'Università di Toronto Mississauga in Canada, hanno testato sistemi di allerta che avvertono i conducenti di un pericolo, come un animale sulla strada. Hanno scoperto che avvisi semplici, come una barra rossa lampeggiante sul cruscotto, sono efficaci quanto quelli più complessi, come una scatola proiettata attorno all'oggetto sulla carreggiata⁶⁰. Avvisi come questi possono far guadagnare alle persone circa 60 millisecondi in una condizione di assenza di allerta, ha detto Wolfe, che è abbastanza tempo per percorrere mezza macchina a velocità autostradale.

Uno studio fondamentale per gli psicologi del traffico è l'analisi dell'amaxofobia (dal greco antico amaxos, "carro") è la paura invalidante di guidare un automezzo. Clinicamente, è possibile classificare l'amaxofobia, nel DSM-5 (American Psychiatric Association, 2015) e nell'ICD-10 (World Health Organization, 2011), come fobia specifica del sottotipo situazionale. L'amaxofobia si manifesta con i sintomi tipici dell'ansia, dal tremore alla sudorazione, fino agli attacchi di panico, trattasi di una fobia estremamente diffusa e anche molto invalidante.

L'aumento del numero di persone che si muovono abitualmente in auto ha portato la guida tra le attività che tante persone svolgono quotidianamente e che al contempo, si è tramutata in un'attività stressante. Secondo alcune ricerche l'amaxofobia è più diffusa di quanto non si possa immaginare e colpirebbe circa il 33% della popolazione. Secondo l'istituto MAPFRE⁶¹, nella ricerca coordinata dal dottor Antonio García Infanzón, ne soffrono 7,2 milioni di automobilisti spagnoli, che la esteriorizzano in modi estremamente diversi: i più, l'82%, manifestano una lieve sensazione di nervosismo e di angoscia al volante, soprattutto in condizioni difficili, come la guida in ore notturne, durante una pioggia torrenziale, nella nebbia fitta o quando a bordo ci sono altre persone, specialmente se bambini.

Il 6% degli amaxofobia, invece, sempre secondo tale ricerca, ha perso completamente la capacità di stare al volante: soffrono di una forma di "paura paralizzante", terrore puro,

⁶⁰ *Ricerca cognitiva: principi e implicazioni*, Vol. 6, No 80, 2021

⁶¹ MAPFRE ASISTENCIA si prende cura delle persone e dei loro beni in tutto il mondo. Fornisce assistenza stradale, domestica, sanitaria e in viaggio oltre a molti altri servizi che migliorano la qualità della vita.

quando si siedono al posto di guida, e per questo motivo hanno lasciato perdere la patente e si limitano a salire in auto quando questa viene guidata da qualcun altro o, ancora meglio, si affidano al trasporto pubblico. Il restante 12%, manifesta l'insorgenza della patologia in altri modi.

La ricerca ha evidenziato anche che a soffrire di queste paure, sono in maggioranza donne, tanto che, in percentuale, il numero di rappresentanti del gentil sesso ad esternare i sintomi dell'amaxofobia è praticamente doppio a quello degli uomini: 64% contro il 36, e l'origine spesso è dovuta a cause precise dovute proprio alla diversa sessualità.

In ballo, inoltre, anche altri fattori, come la mancanza di autostima per colpa dell'atteggiamento insofferente di amici o parenti più stretti, come il padre o il marito molto dominanti nel rapporto di coppia, che durante le prime esperienze al volante della figlia o della consorte tendono a ridicolizzare la loro condotta. La pressione sociale, del partner e della famiglia contribuisce alla generazione di ansia e timori alla guida, poiché riduce al minimo il senso di competenza della donna e avviene il discredito delle altre persone che la circondano. Si dà per scontato che non essere sicuri alla guida sia qualcosa di irreversibile e bullizzabile così spesso vengono enfatizzati atteggiamenti che peggiorano la situazione ma sono solo a preconcetti radicati dovuti alla sessualità, ad esempio lo ricorda il detto "donna al volante pericolo costante".

Il 40% dei maschi è amaxofobo per colpa di un evento diretto, come l'essere in precedenza rimasto vittima di un incidente stradale, o perché ha perso una persona cara sulla strada; nel caso delle donne, si pensi, che questa ragione eziologica diminuisce fino al 25%.

Secondo un altro studio condotto dal Centro Studi e Documentazione Direct Line⁶², il 68 per cento degli automobilisti italiani ha ammesso di aver avuto paura di guidare in particolari situazioni.

La percentuale tra gli uomini si attesta al 58 %, mentre tra le donne il panico da guida è ancora più diffuso: si parla del 78 %. Una significativa fetta di italiani si è trovata in taluni casi in seria difficoltà al punto da non sentirselo di prendere l'auto per muoversi.

⁶² Centro Studi e Documentazione Direct Line, compagnia di assicurazioni auto on line sempre attenta alle esperienze che vivono gli utenti della strada.

La paura di guidare rappresenta una fobia ben definita, ovvero una paura esagerata e irrazionale nei confronti di una determinata situazione, quella di guida, che da altri non è percepita come un reale pericolo né come una situazione di estremo fastidio o sofferenza.

Il timore di guidare si può manifestare a diversi livelli, spesso distinti solo dal punto di vista teorico, dal momento che le diverse espressioni dell'amaxofobia spesso coesistono. Spesso si pensa che gli amaxofobi siano persone che semplicemente non guidano per paura, ma questo è solo l'apice della fobia ed è una minima parte (6%) il restante sono tutte sfumature di insicurezze che spesso le persone non riescono nemmeno a identificarle.

Esaminando le situazioni nei quali gli italiani hanno più paura di guidare si può notare come si tratti di condizioni che rimandano al tema della mancanza di controllo sull'ambiente circostante (nebbia 32%, neve 27%, strade con poca manutenzione 12%, temporali 16%, buio 8%), dell'agorafobia intesa come paura di non trovare un riparo e una via di fuga (cavalcavia e viadotti 6%), della claustrofobia (gallerie 5%) e dell'ansia da separazione (guidare da soli 3%).

Nello specifico:

- a livello emotivo è possibile che si manifesti la cosiddetta “ansia anticipatoria” con preoccupazione solo all'idea di dover guidare;
- a livello del pensiero possono presentarsi “fantasie negative” prima di salire in auto o all'idea di mettere in moto e guidare;
- a livello fisiologico si possono avvertire diverse reazioni di disagio psichico e di agitazione emotiva costituite da senso di confusione, tensione nei muscoli, nodo alla gola, sudorazione, tachicardia, aumento del ritmo respiratorio, fino all'attivazione di un vero e proprio attacco di panico con paura di svenire o di morire;
- a livello comportamentale si possono manifestare reazioni di evitamento con la messa in atto di strategie alternative per evitare il problema (es. uso di mezzi pubblici o andare a piedi).

Nell'amaxofobia vengono circoscritte delle situazioni simboliche ben precise in cui si teme maggiormente di guidare, ad esempio spesso si teme di:

- attraversare ponti o guidare lungo strutture instabili;
- guidare nel traffico o rimanere bloccati in esso;

- allontanarsi da casa;
- guidare da soli (senza nessuno accanto);
- guidare in posti desolati (senza nessuno intorno);
- guidare in autostrada o scorrimenti veloci;
- guidare in posti bui o gallerie;

In talune circostanze vengono individuati eventi specifici piuttosto che situazioni che potrebbero accadere durante la guida.

Ad esempio:

- paura di sentirsi male;
- paura di perdersi e trovarsi disorientati;
- paura di guidare male (es. non saper posteggiare o passare tra due macchine strette);
- paura di perdere il controllo dell'auto e farsi male o far male a qualcuno;
- trovarsi di fronte a condizioni metereologiche molto difficili (es. frane, tempeste, ecc.);
- essere colti da un raptus suicida o omicida;
- trovarsi in altre condizioni temute (es. posti chiusi per i claustrofobici, posti aperti per gli agorafobici).

Quando si chiede agli italiani di concentrarsi sulle strade che fanno più paura al primo posto della classifica troviamo le strade ghiacciate che terrorizzano il 62 per cento degli automobilisti italiani, a seguire, a distanza, ancora l'atavica paura del buio (il 19%), le tortuose strade montane (il 17%), quelle claustrofobiche perché molto trafficate (il 15%), le isolate (il 13%) mentre tornanti e gallerie fanno tremare le gambe al 12% del campione.

Inoltre vanno considerate anche quelle persone che hanno una predisposizione alla distrazione ovvero i soggetti ADHD⁶³ hanno un disturbo neuropsicologico che consiste nella compromissione delle funzioni esecutive della persona affetta, può essere quindi definita come “una situazione/stato persistente di disattenzione e/o iperattività e impulsività più frequente e grave di quanto tipicamente si osservi in bambini di pari livello di sviluppo”. Di conseguenza gli adolescenti e gli adulti che hanno questo deficit maggiori probabilità di sospendere e persino revocare completamente la patente.

⁶³ Attention Deficit Hyperactivity Disorder

La ricerca⁶⁴ suggerisce inoltre che questi rischi alla guida non possono essere spiegati dai disturbi comorbili che possono essere associati con l'ADHD (come il disturbo oppositivo (DOP), o il disturbo della condotta (CD), o di depressione o di ansia...).

I ricercatori hanno studiato i processi, o i meccanismi coinvolti nella guida negli adulti con ADHD, offrendo alcune spiegazioni su come l'ADHD possa causare tali maggiori rischi, fra cui:

- avere tempi di reazione più lenti e più variabili,
- fare più errori impulsivi
- essere molto più distratti durante la guida rispetto ad altri adulti,
- essere più propensi a impiegare pratiche di guida non sicure, come non indossare la cintura di sicurezza, giocherellare con le stazioni radio, inviare messaggi o parlare al cellulare mentre si guida o anche solo socializzare troppo con le persone presenti nel veicolo

Di fatto guidare coinvolge almeno tre livelli: le abilità cognitive di base necessarie per guidare (operativo), le abilità reali per manovrare il veicolo nel traffico (tattico) e gli aspetti più dirigenziali, orientati alla guida della guida (strategico).

I risultati degli studi indicano che l'ADHD interferisce con i componenti operativi di base della guida a causa dell'inattenzione, ai tempi di reazione più lenti e più variabili e alla capacità di seguire regole che possono interferire con le informazioni sensoriali.

E' stato evidenziato anche un problema nel livello tattico della guida, abitudini meno sicure durante l'uso di un veicolo rispetto agli adulti nei gruppi di controllo di persone senza ADHD. Le più moderne piattaforme di guida della realtà virtuale hanno offerto la possibilità di valutazioni realistiche sulle prestazioni di guida e quindi una più diretta evidenza dei problemi che si verificano a livello tattico in presenza di ADHD.

E' stato inoltre dimostrato che gli adulti con ADHD sovrastimano le loro capacità di guida, un problema probabilmente dovuto ad una più limitata consapevolezza di sé e alle relative

⁶⁴ di Russell A Barkley (1949) è uno psicologo e professore universitario statunitense. È esperto e autore di svariati libri sull'ADHD.

abilità metacognitive per l'autovalutazione, questo li avvicina molto alle azioni dei giovani neopatentati.

Come risultato e conclusione della ricerca e analisi descritta si va a circoscrivere quello che sarà l'obiettivo (brief) del progetto di tesi. Ovvero trovare un corridoio progettuale che limiti l'impatto sociale degli incidenti stradali avvenuti con causa la distrazione rendendo la guida più sicura ma come? agendo su quelle che sono le maggiori cause emerse nella fase di ricerca precedente, che hanno l'utente come focus centrale ossia considerando le loro necessità e i vari fattori psicologici e sfruttando le ultime tecnologie. In questo modo si vuole creare un'assistenza alla guida innovativa che porterà ad un adattamento più agevole dell'utente verso quelle che saranno le innovazioni future previste per i prossimi anni come la guida automatica. Col fine di costruire anche un approccio positivo verso l'evoluzione della tecnologia alla guida.

6. Target

Di seguito a quella che è stata la ricostruzione di tutto lo scenario attuale e quello che si prevede per il futuro della sicurezza stradale, mi sono posta le domande che saranno i pilastri di questa tesi. Quindi dove deve vertere questo progetto al fine di creare un aiuto concreto per intervenire su questo problema sociale che è la disattenzione alla guida? Cosa è stato attualmente trascurato per non ottenere i progressi sperati in questi anni? Sappiamo che sarà la guida autonoma il futuro dell'automobile contestualizzata nelle smart-city, ma gli utenti che ruolo avranno? percepiscono queste innovazioni? Sono pronti ad adoperarle? Sappiamo davvero di cosa hanno bisogno? Possiamo accompagnare l'utente alle nuove tecnologie previste senza trascurare i fattori psicologici e senza portare all'eccesso di sicurezza o senza aggiungere nuove insicurezze?.

Non a caso durante la ricerca sono stati analizzati diversi fattori incentrati sul conducente come uomo, per comprendere cosa porta alla distrazione, quali sono i fattori psicologici e nel tirare le fila di questa ricerca è stato valutato che il target da cui partire per generare un nuovo approccio alla guida (viste le novità previste) e agevolare l'interazione uomo-veicolo sono i ragazzi nella fascia dai 17-25 anni, non solo perchè la maggior parte degli incidenti è causata da questa fascia d'età vista l'inesperienza e la labilità dovuta al loro sviluppo ma anche perché spesso i giovani sono i portatori delle nuove tecnologie e dello sviluppo, inoltre potrebbero coinvolgere anche altri nell'utilizzo del dispositivo di conseguenza incentrare il progetto su di loro gli permetterà di acquisire una sicurezza concreta al volante.

6.1 Ragazzi 17-25 anni

Un capitolo a parte necessita, purtroppo, la fascia di giovani 17-25 anni per loro gli incidenti stradali sono la prima causa di morte: i numeri parlano da soli.

In Europa, i soggetti tra 18 e 24 anni rappresentano l'8% della popolazione totale, ma tale quota sale al 15% qualora si considerino le vittime di incidente stradale. Durante il periodo estivo la situazione peggiora ulteriormente e tale quota sale addirittura al 21%.

I giovani italiani, secondo una ricerca⁶⁵ di Ford, risultano essere i più propensi all'uso dello cellulare o dello smartphone alla guida, mentre sono i giovani francesi a detenere il primato nella propensione a consultare il feed del proprio profilo social. I giovani tedeschi si distinguono per l'approccio meno responsabile rispetto ai rischi connessi alla velocità elevata e all'incidente stradale in generale. I giovani spagnoli si distinguono per il più alto tasso di distrazione in presenza di amici in auto, mentre sono invece i pedoni, soprattutto se attraenti, a catturare maggiormente l'attenzione dei giovani inglesi al volante.

La guida distratta è responsabile di oltre il 58% degli incidenti tra adolescenti e i conducenti sotto i 20 anni, più giovani e inesperti, provocano da soli il 16% di tutti gli incidenti causati da distrazione al volante. Il tasso di incidenti mortali per miglio guidato, per i ragazzi di età compresa tra i 16 ei 19 anni, è maggiore di 3 volte rispetto al tasso relativo ai conducenti di età superiore ai 20 anni e, a conferma di una situazione tragica, nel 2018 i decessi di adolescenti alla guida hanno registrato il picco tra le 18:00 e le 21:00 e hanno causato 434 giovanissime vittime. Di queste, 351 erano ragazzi di età compresa tra i 16 ei 17 anni che avevano consumato alcolici prima di mettersi alla guida. Secondo Youth For Road Safety, gli incidenti stradali sono la principale causa di decesso negli individui tra i 15 e i 29 anni ovvero oltre il 30% degli incidenti mortali. Sia che si tratti di un automobilista, di un ciclista o di un pedone, gli incidenti mortali ammontano a più di 1000 al giorno.

Difatti anche se con il tempo viene automatizzato, imparare a guidare non è un compito semplice. Una Società di educazione stradale americana ha svolto una ricerca con lo scopo di valutare il livello percepito di ansia alla guida tra coloro che si apprestano a conseguire la patente. Tra i vari Paesi osservati l'Italia non è il luogo in assoluto più stressante dove imparare a guidare, ma ha un punteggio che rasenta appena la sufficienza. Come qualsiasi altra abilità, l'esperienza si accumula con la pratica. Poiché i giovani hanno meno esperienza sulla strada rispetto agli altri conducenti, sono meno in grado di percepire o riconoscere i pericoli, di controllare il veicolo o di prendere rapide decisioni.

⁶⁵ Sono stati intervistati 6.500 giovani tra i 18 e i 24 anni per comprendere le loro cattive abitudini.

L'attenzione e la prontezza dei riflessi alla guida sono importanti a qualsiasi età. Tuttavia, fino a quando non avranno accumulato anni di esperienza, i giovani conducenti devono essere particolarmente attenti alla loro visione e al modo di percepire l'ambiente circostante. Quando iniziamo ad apprendere un compito nuovo, l'ansia sembra essere una costante. Il timore del nuovo ci mantiene in allerta per non indurci in errore, ma questo rischia di essere dannoso, se eccessivo. L'ansia da prestazione, infatti, può aiutarci a raggiungere i nostri obiettivi, ma anche portarci verso il fallimento. Imparare a guidare è un compito decisamente complesso, in quanto unisce la difficoltà delle azioni da compiere con un contesto in continuo movimento. Secondo lo studio, quindi, l'ansia alla guida non è soltanto una questione di personalità, ma vi concorrono anche:

- Il livello di congestione delle strade;
- Il numero di decessi per incidente stradale;
- La qualità delle infrastrutture stradali;
- Il numero di veicoli immatricolati;

Il fattore umano viene posto in secondo piano, indicando il sistema strada come principale colpevole della sensazione di ansia percepita da coloro che si avvicinano alla guida.

Dall'incrocio dei fattori sopraelencati è stata creata una scala con punteggio da 1 (più stressante) a 10 (per nulla stressante). Gli Stati in cui i neopatentati sono stati etichettati come “più stressati”, posizionandosi ai primi tre posti, sono:

- Romania (4,87): primato dato principalmente dalla qualità delle infrastrutture stradali e dalla congestione del traffico (+42% di tempo impiegato per gli spostamenti)
- Malesia (5,07): picchi negativi per i molti veicoli immatricolati e l'elevato numero di decessi negli incidenti stradali (23 morti su 100.000 persone)
- Filippine (5,30): peggior punteggio nella congestione del traffico (+53% del tempo impiegato negli spostamenti) e picco negativo per la qualità delle strade.

L'Italia si colloca al decimo posto con un punteggio appena sufficiente (6.09 su 10). I colpevoli sono stati individuati in

- Alto numero di veicoli immatricolati (88.292 ogni 100.000 persone, più alto di quello malese);
- Scarsa qualità delle infrastrutture (56,8 su 100);

Tra le distrazioni ha un importante ruolo lo smartphone infatti quasi il 16% dei conducenti ammette di stare al telefono mentre guida. Tuttavia, con un incidente d'auto su quattro a causa di un messaggio scritto mentre si guida, c'è motivo di credere che la percentuale sia attualmente superiore al numero riportato. Guardare per qualche secondo il telefono per leggere un messaggio o un'email può sembrare un'abitudine innocua, ma la verità è che stai mettendo in pericolo te stesso e gli altri. Per avere un'idea, guardare il cellulare per cinque secondi a 55 miglia all'ora (circa 89 chilometri all'ora) equivale a guidare per tutta la lunghezza di un campo da football americano (100 metri, solo un po' più corto di un campo da calcio) con gli occhi chiusi. Oltre ad essere distratti dalla tecnologia, i giovani hanno maggiori probabilità di guidare con noncuranza. Questo include eccesso di velocità, anche davanti a segnali di stop o semafori rossi, maggiore attenzione verso gli amici presenti in macchina rispetto alla strada e slalom tra le macchine nel traffico. Questo senso di incoscienza è ancora più pericoloso nei conducenti con una visione scarsa, causata da distrazione o dalla necessità di una correzione visiva.

Inoltre solitamente, i conducenti di età inferiore ai 25 anni non guidano le auto più nuove e sicure. Che si tratti di una macchina di famiglia o di una macchina usata, la prima macchina non sarà uno dei modelli più nuovi. Poiché i loro budget sono limitati, i giovani conducenti spesso rimandano la manutenzione o le riparazioni, rendendo i loro veicoli meno idonei alla circolazione. I giovani conducenti hanno anche meno probabilità di notare (o verificare) che le gomme sono sgonfie. Indipendentemente da quanto sia nuova o vecchia la macchina, una regolare manutenzione è importante per la sicurezza stradale.

Tutto ciò nonostante i nostri giovani decidono di patentarsi senza fretta, non troppi anni fa prendere la patente, poter guidare un'auto, anche se quella dei genitori, erano una tappa obbligata durante la crescita. Invece sembra che questo traguardo non sia più sentito come un'urgenza imprescindibile. Nel 2016, secondo una ricerca di facile.it, ripresa dal quotidiano Il Giornale, i giovani tra i 18 e i 19 anni d'età che hanno preso la patente sono stati 287.551, l'8,4 per cento in meno rispetto al 2012. Questo non vuol dire che alla fine la patente non si consegua. Ma certo c'è meno fretta di farlo. L'età media dei giovani italiani a cui si prende la

patente è di 21 anni e due mesi, nonostante si sia abbassata l'età per prendere il foglio rosa, ovvero 17 anni. Le ragazze in particolare prendono la patente a 21 anni e 9 mesi, oltre 1 anno più tardi rispetto agli uomini, che invece la prendono a 20 anni e 8 mesi. Il record di chi la prende più tardi è della Sardegna, dove l'età media delle neo patentate è di 22 anni e 7 mesi, seguita dalla Liguria (22 anni e 5 mesi) e dall'Emilia Romagna (22 anni e 3 mesi).

Un problema non soltanto italiano. L'American Automobile Association, il corrispettivo dell'Acì statunitense, ha scoperto che tra i neomaggiorenni il 44 per cento non ha un'automobile e il 39 per cento usa abitualmente forme di trasporto alternative.

Ma quali sono i motivi di questo calo? Va detto che rispetto a qualche anno fa ci sono più limiti per chi consegue la licenza di guida. Dal 2011 i patentati di categoria B per un anno non possono guidare veicoli aventi un rapporto potenza/tara superiore a 55 Kw/t o comunque veicoli con potenza massima che superi i 70 kw. C'è poi un problema economico. Secondo una recente indagine di «Quattroruote» conseguire una patente B in Italia costa circa mille euro e anche i test dell'esame teorico si sono fatti più difficili, e sono più frequenti le bocciature. Facente parte è anche il cambiamento culturale. I giovani di oggi hanno infatti un'altra idea di libertà, non data dall'auto ma dallo smartphone, che ha accorciato i confini e che permette (almeno idealmente) di viaggiare ovunque. Prima il mondo era molto più ristretto e per raggiungerlo si necessitava di un'auto. Inoltre nelle grandi città la comodità del bike sharing, una buona rete di mezzi pubblici, il costo che comunque un'auto porta con sé, tra bolli, assicurazione, manutenzione e benzina. I giovani poi conquistano prima le loro libertà: escono la sera, fanno le prime vacanze da soli già a 16 anni, sono abituati a sentire il mondo tra le mani grazie agli smartphone, e sedersi alla guida di un'auto perde il fascino di emancipazione che aveva un tempo.

In fine tra i problemi più d'impatto osserviamo come si dirama la già citata Amaxofobia, Secondo un'indagine condotta dal Centro Studi e Documentazione dall'impresa di assicurazione Direct Line, il 68% degli automobilisti italiani ha ammesso di aver avuto paura a guidare in determinate situazioni. La percentuale tra gli uomini si attesta al 58%, mentre tra le donne il panico da guida è ancora più diffuso: si parla del 78%. Quel che più ha sorpreso, tuttavia, è il dato rilevato riguardante i giovani conducenti: oltre la metà dei giovani al di sotto dei 25 anni prova ansia e timore al momento di mettersi alla guida. Anche l'Istituto di

Sicurezza Stradale di MAPFRE⁶⁶ ha realizzato uno studio analogo, nel quale ha stabilito che il 40% di quanti soffrono di amaxofobia è stato spettatore di un incidente d'auto. Quali sono i timori del conducente amaxofobico? Sono diversi gli scenari che si prefigurano ai soggetti che vivono la paura di guidare, ad esempio:

- la perdita di controllo dell'auto a causa di un attacco di panico o di un paventato svenimento e la conseguente possibilità di causare un incidente grave;
- l'incapacità di evitare gli altri veicoli, in particolare se molto grossi come gli autocarri o il forte rischio di venirne a contatto;
- la necessità non soddisfabile di abbandonare l'auto a causa di una crisi di claustrofobia o più genericamente di uno stato di ansia (incolonnamento con conseguente senso di soffocamento, mancanza d'aria, ecc...);
- la perdita dell'orientamento e quindi della strada da percorrere, con la conseguente possibilità di potersi smarrire e ritrovarsi in zone sconosciute;
- l'incapacità tecnica di condurre adeguatamente il veicolo, esponendosi così al giudizio (negativo) altrui;
- l'insorgenza improvvisa di un "raptus" che porti a provocare volontariamente un incidente o a dirigere l'auto contro cose o persone (fenomeno diffuso); In ogni caso, quando i timori della persona si sono già concretizzati in passato in uno o più attacchi di panico, la probabilità che ci si aspetti di essere colpiti da nuove crisi fa aumentare l'ansia anticipatoria e quindi il malessere al solo pensiero di dover continuare a guidare. Altre cause vi sono anche cause meno evidenti ma più profonde e ben celate nell'inconscio, quali:
- esperienze traumatiche, inclusi gli incidenti causati personalmente o subiti sia nella posizione di passeggero che in quella di conducente, oltre ai sinistri subiti da persone vicine o di cui si è assistito direttamente;
- presenza di rabbia e di pulsioni aggressive inconsce che potrebbero emergere durante la guida (basti pensare ai contrasti e litigi su strada tra conducenti di veicoli);
- pregiudizi culturali, che condizionano ancora oggi alcune ragazze e donne cresciute in ambienti nei quali si ritiene che il soggetto femminile sia incapace di guidare nonostante il

⁶⁶ MAPFRE, importante compagnia assicurativa spagnola

conseguimento della patente (avviene in particolare in famiglie originarie di Paesi, culture e tradizioni extraeuropei).

Concludendo sorge il problema dell'informazione perché sono poche le persone che si riscontrano come amaxofobe e che conoscono anche solo la sua esistenza, altre invece pensano che sia fobico solo l'apice ovvero il paralizzarsi alla guida, mentre tutte le sfaccettature dell'amaxofobia anche le più irrisorie nascono dall'incertezza e sono un problema solo più o meno grave da imparare a gestire perché scaturiscono atteggiamenti imprevedibili durante la guida. Tuttavia, è sicuro affermare che le giovani generazioni di oggi daranno forma ai modelli di mobilità di domani.

Dopo aver analizzato prima tutte le problematiche inerenti al tema della distrazione alla guida e in seguito quelle specifiche del target selezionato ovvero i ragazzi dai 17-25 anni, evidenziamo quelli che sono i bisogni che vuole soddisfare il progetto al fine di riuscire a migliorare la problematica del brief.

Di base possiamo affermare che le problematiche siano legate dalla mancanza dell'adeguata percezione dei pericoli e quindi ci si trova a vivere o l'eccesso o l'incertezza e sono molto rischiose entrambe per i fattori già evinti, di conseguenza tra gli obiettivi principali è stato scelto:

- Il controllo della concentrazione, in modo che il conducente abbassi la guardia il meno possibile e sia spronato a mantenere un'andatura costante.
- Buona visione, per percepire al meglio l'ambiente che ci circonda ed aiutarlo dove non può vedere.
- Controllo stanchezza, dare spazio alla necessità del corpo, aiutare l'utente a verificare il suo stato psico-fisico in modo che nel caso di necessità sia aiutato, come ad esempio capire quando ha bisogno di una pausa, per poter riprendere lucidità.
- Limitare le distrazioni, come l'uso dello smartphone durante la guida e le lunghe conversazioni.
- Rimanere connessi, al fine di sopperire l'inutilizzo dello smartphone, si cercherà di rendere l'auto una sua estensione permettendo all'utente di ritrovare le sue abitudini senza eliminarle, (playlist preferita).
- Adattare la guida alle condizioni meteorologiche, guidare l'utente durante la guida ricordandogli come comportarsi in determinate situazioni.

- Manutenzione ricordare che bisogna assicurarsi sempre che lo stato dell'auto sia al pieno delle sue capacità per guidare in sicurezza.
- Assistenza in caso di ansia o sintomi di stress, o un qualsiasi sintomo di amaxofobia con un supporto per raggiungere nuovamente l'equilibrio psicofisico.
- Contrastare quelli che potrebbero essere nuovi errori umani con il subentro delle nuove tecnologie cercando un collegamento diretto con il conducente.
- Soddisfare il bisogno di controllo e gestione dei servizi all'interno dell'auto, ove possibile, al fine di migliorare l'approccio dell'utente.
- Facilità d'uso dei dispositivi, guidando il conducente a una migliore interazione con il veicolo al fine di integrare positivamente le nuove tecnologie che verranno.

6.2 Questionario (parte 1)

Al fine di verificare quello che è lo scenario che si prospettano gli utenti inerente alle tematiche affrontate nello sviluppo della tesi e di validare se vi è un interesse di mercato da parte degli utenti e del target che si vuole considerare è stato avviato un questionario.

Innanzitutto è stato chiesto la frequenza e il motivo per il quale gli utenti guidano, il circa 60% di loro guida ogni giorno sia per svago che per lavoro invece sono meno del 10% le persone che non guidano, infatti in Italia particolarmente le persone preferiscono spostarsi con un proprio mezzo. Figure 6.1,6.2.



Figure 6.1, 6.2 Grafici dei risultati alle domande inerenti alla frequenza e motivo della guida.

Inerente al tema di ricerca è stato chiesto se i conducenti si sono mai distratti alla guida e quanto spesso è accaduto, l'85% ha ammesso di essersi distratto alla guida una percentuale che supera quelle che sono le statistiche generali facendoci validare quanto sia intrinseca nell'uomo la distrazione, per la frequenza di distrazione abbiamo una situazione più moderata in quanto un 75% si distrae qualche volta e raramente mentre un preoccupante 20% si distrae spesso e ogni volta che guida. Figure 6.3, 6.4.

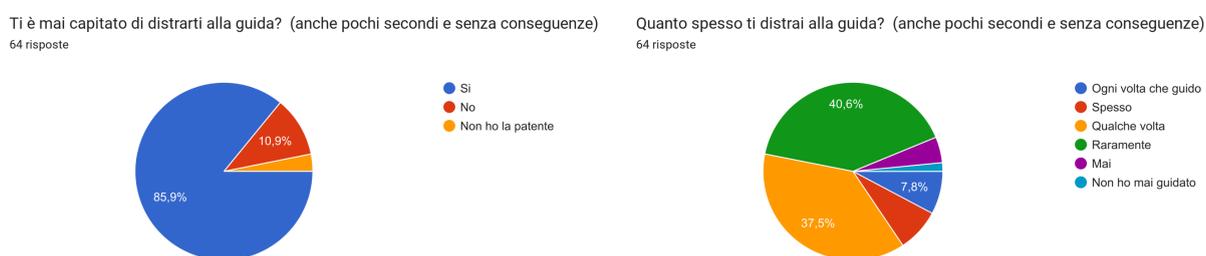


Figure 6.3, 6.4 Grafici dei risultati inerenti alla distrazione e la frequenza con cui avviene.

Spesso gli Stati investono molto nella sicurezza, controlli e sviluppo delle autostrade ma come si può vedere dal sondaggio circa il 62% si distrae nelle strade urbane dove infatti vi è concentrato l'alto numero di incidenti stradali anche perché le distrazioni e fattori di rischio sono maggiori. Mentre con il 30% abbiamo la strada extraurbana e con solo 10% le autostrade. Figura 6.5.

Dove ti distrai di più? (più opzioni)

64 risposte

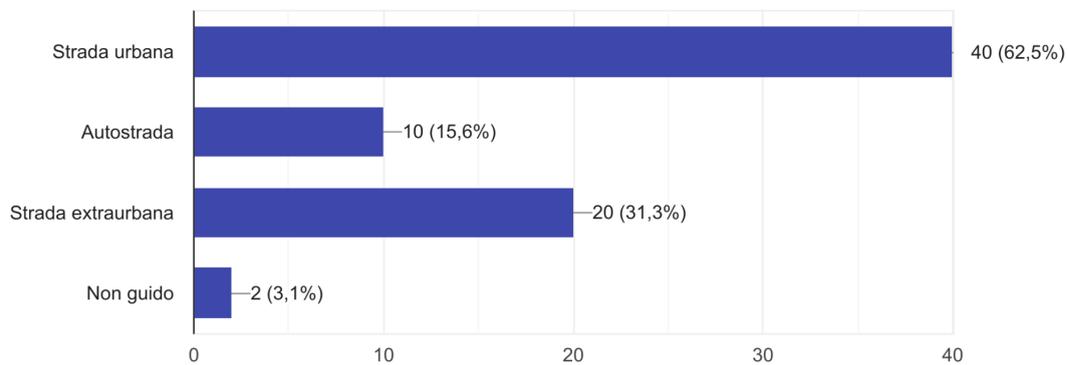


Figura 6.5 grafico delle risposte inerenti ai luoghi di guida dove ci si distrae di più.

è stato interessante osservare le risposte inerenti alle cause della distrazione, al primo posto abbiamo la sonnolenza/stress con circa il 45% e al secondo posto lo smartphone con il 35%, solo successivamente abbiamo i fattori esterni, la monotonia, insicurezza al volante, percorso troppo lungo, fattori interni e rabbia. Inoltre sono stati aggiunti due fattori interessanti quello dell'eccessiva sicurezza nel guidare una strada conosciuta e l'atto di fumare sigarette. In media possiamo osservare come le cause dovute a uno stato mentale, cognitivo alterato sia la maggior parte delle cause di distrazione. Figura 6.6.

Quale pensi siano le cause delle tue distrazioni? (più opzioni)

64 risposte

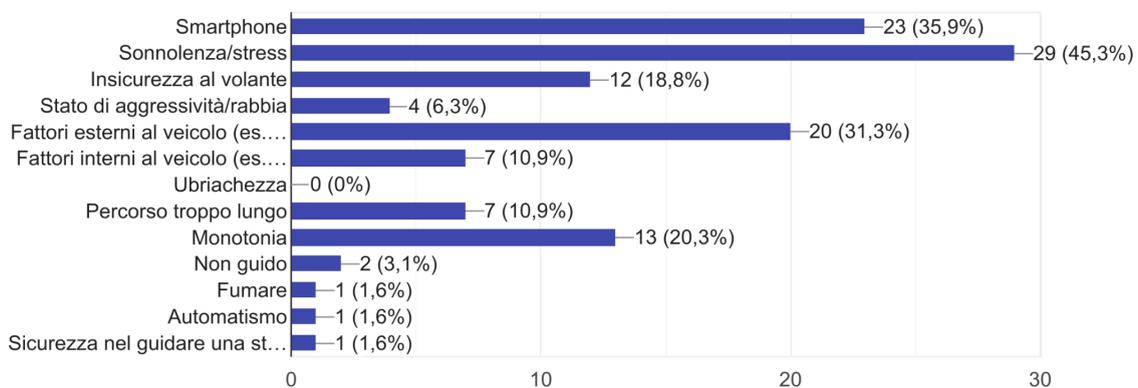


Figura 6.6 Grafico delle risposte inerenti alle cause di distrazione al volante.

La maggior parte degli utenti desidera avere maggior supporto in base alle necessità durante la guida per agevolarla, successivamente si riscontra la necessità di maggiore sicurezza e quella di sfruttare i device tecnologici. Ci dimostra che gli utenti vorrebbero un'assistenza alla guida in base alle varie necessità sfruttando le tecnologie. Figura 6.7.

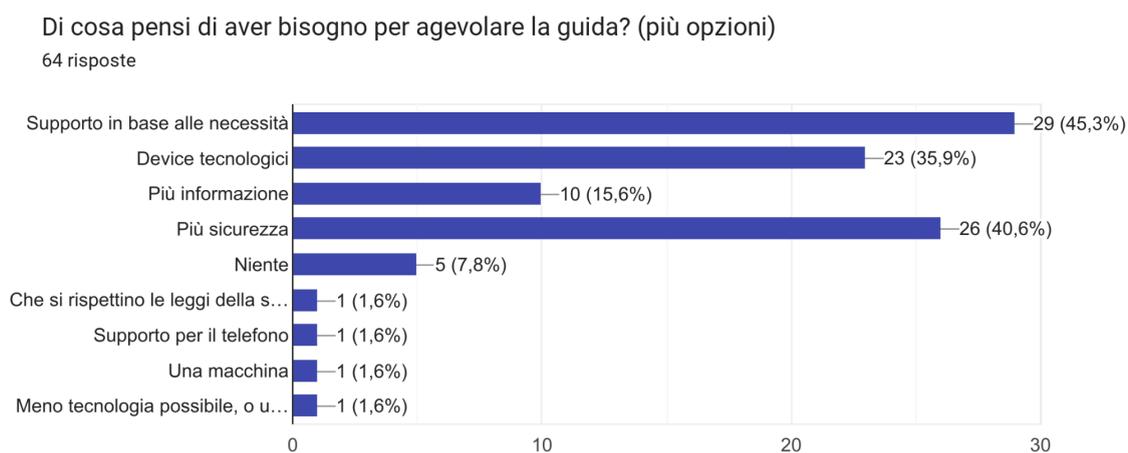


Figura 6.7 Grafico che illustra i bisogni per agevolare la guida.

I fattori che inquietano di più i conducenti alla guida sono la pioggia e la notte dove non si può godere di una buona visibilità e porta all'insicurezza, successivamente abbiamo i percorsi lunghi, la tangenziale e l'intenso traffico dove vi sono molti fattori da tenere in considerazione durante la guida e questo aumenta lo stress. Possiamo valutare che in questi casi il conducente potrebbe essere tranquillizzato da supporti tecnologici. Figura 6.8.

Hai mai avuto preoccupazione di guidare in queste condizioni? (più opzioni)

64 risposte

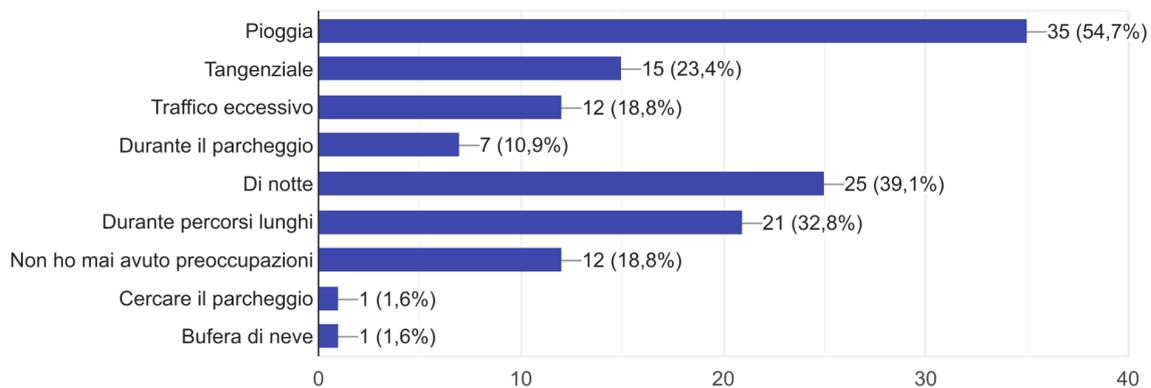


Figura 6.8 Grafico che illustra le preoccupazioni alla guida.

Ma scavando più a fondo andiamo a verificare quelli che sono i motivi che hanno creato le preoccupazioni precedenti: insicurezza, sonnolenza, paura di causare incidenti, nervosismo e angoscia al volante, circa un 10% ha riscontrato di aver avuto attacchi di panico e amaxofobia che è molto più diffusa di quello che si crede molti altri sintomi elencati ne fanno parte ma spesso il conducente non se ne rende conto. Tutte queste sono problematiche psicologiche innescate da una perdita del senso di controllo dovuta all'imprevedibilità o a uno stato non consono, per queste motivazioni sarà un punto saliente del progetto assistere il conducente a ritrovare l'equilibrio. Figura 6.9.

Qual'è il motivo che ha provocato questa preoccupazione? (più opzioni)

64 risposte

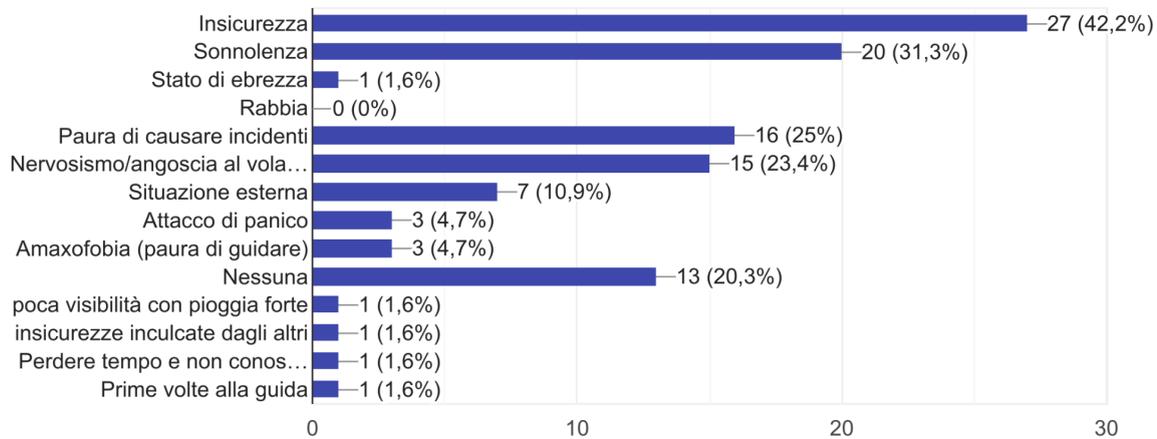


Figura 6.9 Grafico che illustra le cause della preoccupazione alla guida.

Sulla base di quest'analisi e ricerca si può andare a definire quello che è il concept del progetto.

Il progetto vuole creare un'assistenza alla guida incentrata sulle necessità dei giovani conducenti che abbiamo precedentemente evidenziato. Verranno sfruttate le potenzialità delle tecnologie che saranno già presenti nelle auto ovvero i vari adas, questi dati verranno incrociati e utilizzati per sfruttare nuove funzionalità inoltre verranno introdotte nuove tecnologie che permettono il monitoraggio psico-fisico in quanto abbiamo evinto quanto sia importante, soprattutto per il target scelto, l'equilibrio mentale. Col fine di migliorare anche l'interazione uomo-veicolo in modo da migliorare il rapporto di fiducia dell'utente nei confronti della tecnologia considerando le diverse innovazioni che sono in arrivo nel campo dell'automotive. Di conseguenza è diventato fondamentale il giusto intervento immediato a seconda del tipo di problema e della sua gravità, al fine di limitare l'impatto sociale degli incidenti dovuti alla disattenzione ovvero cercando di prevenire e anticipare le cause che ne innescano la distrazione.

7. Tecnologie e casi studio

In questo capitolo si analizzeranno diverse tecnologie e casi studio inerenti al fine di valutare e scegliere le tecnologie più appropriate per la buona riuscita del progetto.

Partendo da quella che è la sfida più grande del progetto ovvero identificare gli stati d'animo dei ragazzi ci poniamo la prima domanda per riconoscere le emozioni dovrebbe essere quella di definire il concetto di emozione. Cos'è un'emozione? I teorici di campi multidisciplinari come le neuroscienze, la filosofia e l'informatica hanno cercato di rispondere a questa domanda e di definire una definizione universale di emozione. Tuttavia, con discordia, quindi, non esiste un'unica definizione ampiamente riconosciuta. In ML⁶⁷, una definizione di emozione è particolarmente importante poiché è necessario stabilire i criteri di targeting del successo. Questo ci fa comprendere quanto sia soggettiva l'analisi essendo ogni utente differente e di conseguenza l'importanza di rendere “ad personam” il progetto trovando una tecnologia che interagisca direttamente con l'utente.

Partendo dagli stati emotivi sono associati a risposte fisiologiche ANS distinguibili. Queste risposte fisiologiche possono essere lette attraverso sensori fisiologici indossati dal corpo come ECG, EEG, EDA e BVP. In passato sono stati proposti molti metodi per stimare le emozioni umane. I metodi convenzionali utilizzano fondamentalmente attributi audio e visivi per modellare le risposte emotive umane, come la parola, le espressioni facciali e i gesti del corpo. Più recentemente, l'accesso alle risposte fisiologiche ha guadagnato una crescente attenzione nella caratterizzazione degli stati emotivi. I biosegnali utilizzati in questi studi sono stati registrati dal sistema nervoso autonomo (SNA) nella periferia, come ECG, conduttanza cutanea (SC), elettromiografia (EMG), respirazione, polso, ecc. Rispetto ai segnali audio e/o visivi metodi, le risposte dei biosegnali tendono a fornire informazioni più dettagliate e complesse come indicatore per la stima degli stati emotivi. Oltre ai segnali biologici periferici, è stato dimostrato che i segnali catturati dal cervello nel sistema nervoso centrale (SNC) forniscono caratteristiche informative nelle risposte agli stati emotivi. L'attività cerebrale in corso registrata utilizzando l'EEG fornisce misurazioni non invasive con risoluzione temporale in millisecondi.

⁶⁷ ML è un linguaggio di programmazione funzionale general purpose sviluppato dall'équipe di Robin Milner presso l'Università di Edimburgo alla fine degli anni 70, con una sintassi ispirata ad ISWIM.

7.1 Eye tracking

L'eye tracking è una tecnologia di sensori in grado di rilevare la presenza di una persona e seguire ciò che sta guardando in tempo reale. La tecnologia converte i movimenti oculari in un flusso di dati che contiene informazioni come la posizione della pupilla, il vettore dello sguardo per ciascun occhio e il punto dello sguardo. In sostanza, la tecnologia decodifica i movimenti oculari e li traduce in informazioni che possono essere utilizzate in un'ampia gamma di applicazioni o come modalità di input aggiuntiva.

Attraverso la sua avanzata tecnica di misurazione dei movimenti oculari ed i classici strumenti per l'osservazione ed analisi del comportamento umano, è possibile valutare l'esperienza visuo-attentiva di un soggetto durante la sua interazione con un determinato artefatto.

La nitida visione di un oggetto è possibile solo quando la sua immagine cade sulla zona centrale della retina, chiamata fovea, caratterizzata da un'elevata risoluzione spaziale. Pertanto, per esplorare una scena, è necessario che gli occhi compiano dei movimenti che consentano di portare e di mantenere stabile sulla fovea l'immagine dell'oggetto di interesse. Esistono varie tecniche per misurare e valutare i movimenti oculari e la performance visuo-attentiva: l'elettro-oculogramma (EOG), il search-coil e la video-oculografia (VOG) rappresentano le soluzioni più note.

Attualmente la video-oculografia (tecnologia più moderna e meno "invasiva" disponibile) si basa sulla registrazione -attraverso sensori- della riflessione di un fascio di raggi infrarossi proiettato sull'occhio. Siccome tale segnale varia in relazione alla posizione della pupilla (e dunque alla direzione dello sguardo), attraverso la sua registrazione ed analisi è possibile determinare ove effettivamente una persona dirige la propria attenzione e per quanto tempo guarda un determinato oggetto.

L'analisi dei movimenti oculari compiuti durante la lettura di testi e l'esplorazione di immagini fornisce importanti informazioni sui processi cognitivi dell'osservatore, sulla sua maniera di processare input visivi e di integrare con la sua conoscenza del mondo e la memoria. L'analisi di ciò che un soggetto osserva (o ignora) nel momento in cui decide di considerare un determinato prodotto, un messaggio pubblicitario, un packaging o una pagina Web, offre elementi fondamentali per determinare la capacità del prodotto/interfaccia/oggetto di attrarre e trattenere l'attenzione dell'osservatore. La nitida visione di un oggetto è possibile

solo quando la sua immagine cade sulla zona centrale della retina, chiamata fovea, caratterizzata da un'elevata risoluzione spaziale. Pertanto, per esplorare una scena, è necessario che gli occhi compiano dei movimenti che consentano di portare e di mantenere stabile sulla fovea l'immagine dell'oggetto di interesse. Più specificamente, l'eye tracker registra la posizione e il movimento dell'occhio basandosi sul tracciamento ottico dei riflessi della cornea per valutare l'attenzione visiva. Esso è così preciso da riuscire a valutare non solo i movimenti consapevoli dei nostri occhi, ovvero quelli di cui ci rendiamo conto, ma anche quelli inconsapevoli e automatici, che sfuggono al nostro controllo. I movimenti del nostro occhio si dividono in due categorie:

- Le fissazioni, che si registrano quando l'occhio si ferma, anche solo per brevi istanti. Grazie alle fissazioni siamo in grado di definire gli stimoli che stiamo osservando
- Le saccadi, ovvero i rapidi movimenti tra una fissazione e l'altra (dai 100 ai 200 millisecondi)

Il susseguirsi di movimenti (saccadi) e punti di stop (fissazioni) permette la focalizzazione sui punti di interesse ed è esattamente questo che misura l'eye tracking. La maggior parte dei moderni eye trackers vengono usati come degli occhiali che si avvalgono di una tecnologia ad infrarossi insieme a una fotocamera ad alta risoluzione (o ad un altro sensore ottico) per tracciare la direzione dello sguardo.

Il concetto sottostante è comunemente indicato come *Pupil Center Corneal Reflection* (PCCR) ed è piuttosto semplice: il PCCR coinvolge essenzialmente la telecamera che traccia il centro della pupilla, dove la luce si riflette dalla cornea. L'accuratezza della misurazione del movimento oculare si basa su una chiara demarcazione della pupilla e sul rilevamento del riflesso corneale. È probabile che lo spettro visibile generi una riflessione speculare incontrollata, mentre illuminare l'occhio con luce infrarossa - che non è percepibile dall'occhio umano - rende la demarcazione della pupilla e dell'iride un compito facile, in quanto mentre la luce entra direttamente nella pupilla, essa riflette solo dall'iride. Ciò significa che in questo modo viene generata una riflessione chiara (con poco rumore) e che può quindi essere seguita con facilità. La luce del vicino infrarosso viene dunque diretta verso il centro degli occhi (le pupille) provocando riflessi visibili nella cornea (l'elemento ottico più esterno dell'occhio) che vengono monitorati da una telecamera. Il movimento che un eye tracker di nuova generazione riesce a misurare è veloce fino a 500 Hz. I dati classificabili che riesce a

fornire sono di due tipi: *qualitativi*, ovvero basati sul *cosa* e *come* l'utente guarda uno stimolo visivo, e *quantitativi*, ovvero basati sui dati numerici.

Esistono varie tecniche per misurare e valutare i movimenti oculari e la performance visuo-attentiva: l'elettro-oculogramma (EOG), il search-coil e la video-oculografia (VOG) rappresentano le soluzioni più note. Ovviamente tutte le osservazioni oggettive vanno comunque testate con opportuni questionari (griglie di controllo) che consentano di verificare i risultati rilevati attraverso il tracker.

Ora analizziamo come l'eye tracker restituisce i dati che analizza. Innanzitutto questo dipende dalla tecnologia utilizzata e quindi ovviamente dal tracker, ma in linea generale possiamo parlare dei seguenti output, tutti interessanti a seconda del prodotto o del servizio a cui ci si riferisce.

La HeatMap tra le diverse modalità di output, forse la più conosciuta e apprezzata per la sua immediatezza è la mappa di calore o heat map. La mappa di calore è l'immagine di quanto osservato con un eye tracker restituita con dei colori che vanno dal rosso al verde e che vengono tracciati in funzione della durata della fissazione o del numero di volte in cui lo sguardo si posa su determinati elementi. Nell'esempio sopra indicato Fig. vediamo degli scaffali e dei colori: al colore rosso corrispondono proprio i punti in cui maggiormente è stata rivolta l'attenzione visiva, ovvero il massimo numero o la massima durata delle fissazioni; al verde corrisponde invece il minimo dell'attenzione prestata. (Figura 7.1)



Figura 7.1 Esempio output Heat Map

Una Area of interest o area di interesse, denominata anche AOI, è uno strumento per selezionare le regioni di uno stimolo visualizzato e per estrarre metriche specifiche per quelle regioni. Sebbene non sia strettamente una metrica di per sé, definisce l'area in base alla quale vengono calcolate le altre metriche. Ad esempio, se si mostra un'immagine di un banner verticale, è possibile ottenere AOI separati sui vari segmenti del banner e si sarà quindi in grado di visualizzare le metriche per ciascuna regione separatamente. Le metriche spaziano dal tempo trascorso dall'inizio dello stimolo fino al tempo in cui i partecipanti hanno guardato la regione; dal tempo dedicato dagli intervistati allo stimolo e il numero di fissazioni contate, fino a quante persone hanno distolto lo sguardo prima di ritornare sullo stimolo. Queste metriche sono utili quando si valutano le prestazioni di due o più aree nella stessa interfaccia video, immagine, sito Web o programma. I dati in questo caso sono numerici, e dunque quantitativi, e sono molto utili per valutare l'efficacia di uno stimolo, come un colore, e per attirare di conseguenza l'attenzione del cliente su un'informazione specifica (esempio Figura 7.2).



Figura 7.2 Esempio output Area of Interest (AOI)

Un altro output restituito da molti eye trackers è il percorso di esplorazione o scan path, ovvero l'insieme di fissazioni e saccadi del nostro occhio. Questo tipo di output permette di costruire il tracciato oculare su uno stimolo attraverso cerchi collegati tra loro; i cerchi rappresentano le soste dell'occhio su un determinato elemento e hanno dimensioni diverse in base alla durata della fissazione e normalmente sono numerate, come nell'esempio Fig. . La user experience è in questo caso un campo in rapida crescita che utilizza l'eye tracking come metodologia per la valutazione dell'usabilità di prodotti fisici quanto di quelli immateriali, come nel caso di siti e servizi internet. (Figura 7.3)

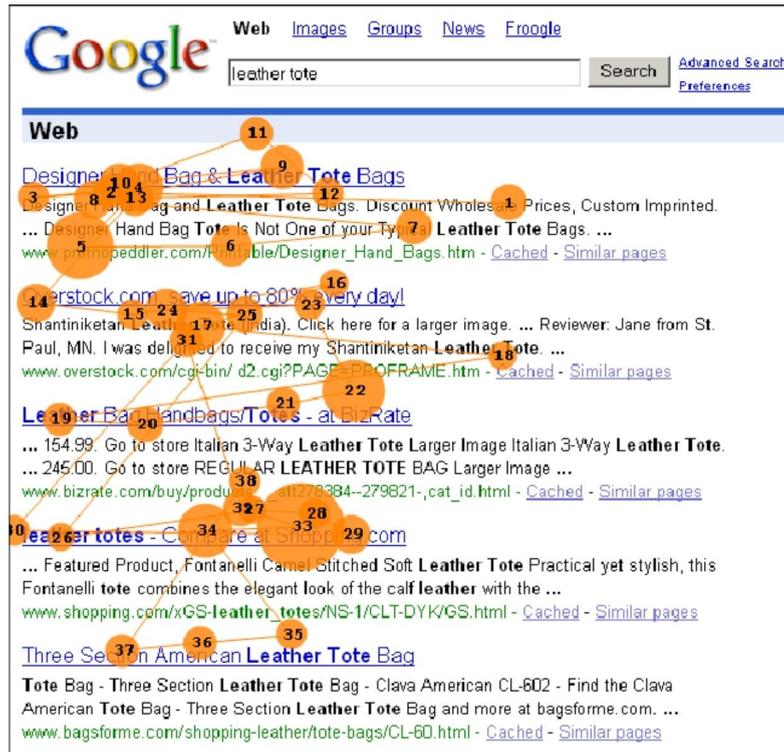


Figura 7.3 Esempio output con Scan Path

Come nella Heat map, anche in questo caso l'output offerto è qualitativo e si presenta in forma di quadrati colorati. Ma oltre a questo la gridded area of interest fornisce anche dati quantitativi, come il numero e la durata delle fissazioni. I due sono naturalmente collegati tra loro: i quadratini avranno una colorazione differente a seconda della durata o del numero delle fissazioni ricevute dagli utenti. Questo output permette di evidenziare i bias attentivi, ovvero gli errori visivi, mentre si legge un testo di una pagina internet o di un libro. Spesso l'occhio umano ha infatti la tendenza a guardare l'inizio del testo da destra verso sinistra e dal basso verso l'alto (lettura secondo il Pattern F). In questo modo trascura tutto quello che c'è in basso a destra di una pagina, disegnando così con lo sguardo la forma della lettera F. Nel caso in cui invece ci sia poco testo e la predominanza di un'immagine, l'occhio si muove diversamente e traccia un Pattern Z, cioè da sinistra verso destra per poi scendere in diagonale a sinistra per poi tornare dritto verso destra. La gridded area of interest evidenzia tali errori ma non solo: la metrica viene usata anche per evidenziare la diversità di movimento oculare in base alle aspettative o alle competenze, interessante per verificare quanto le caratteristiche individuali giocano sul movimento oculare e quindi sull'attenzione.

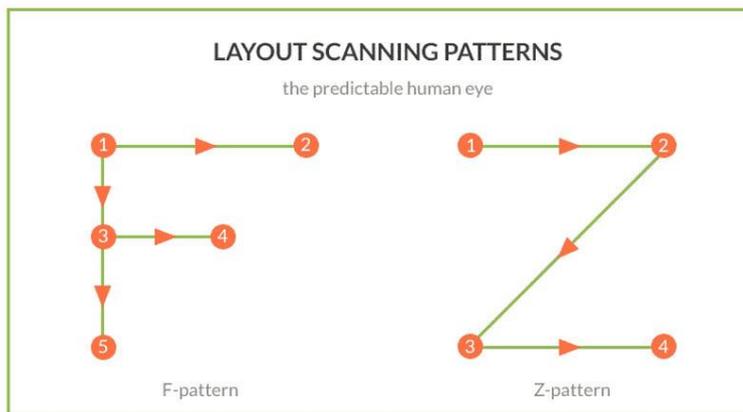


Figura 7.4 Output con gridded area of interest

Metriche avanzate

Il nostro volto è portatore dei messaggi e segnali più importanti quando si parla di esperienza dell'utente. Uno di questi è offerto proprio dalla dilatazione e dalla contrazione della pupilla, misurata dalla pupillometria.

La dimensione della nostra pupilla dipende dalla quantità di luce presente in un ambiente, ma non solo: essa è influenzata sia da come vediamo il mondo, sia da come lo viviamo, offrendo quindi una metrica sullo stato emozionale del soggetto coinvolto. Uno stimolo dalla forte carica emotiva, sia esso un'immagine, un insieme di parole, suoni o gusti, susciterà una modifica delle dimensioni della pupilla fornendo una misura della risposta emotiva non troppo dissimile dalla risposta galvanica della pelle. La dilatazione della pupilla si verifica inoltre di fronte a compiti più impegnativi dal punto di vista cognitivo. Più il cervello lavora per elaborare emozioni o informazioni, più la pupilla avrà dimensioni più grandi. Diversi eye tracker misurano queste modificazioni per meglio comprendere lo stato evocato dal servizio o prodotto studiato sul soggetto, considerando appunto che sono tre i tipi di stimolo che aumentano la dilatazione della pupilla: la luce, gli stimoli emotivi e le informazioni che aumentano il carico cognitivo.

Consideriamo due metriche interessanti. La maggior parte degli eye trackers misura le posizioni dell'occhio sinistro e destro in modo indipendente. Questo consente la misurazione della vergenza, cioè se l'occhio sinistro e quello destro si muovono insieme o se in modo

separato l'uno dall'altro. Questo fenomeno è solo una conseguenza naturale della focalizzazione vicina e lontana, ma occorre considerare che la divergenza si verifica spesso quando la mente perde la concentrazione o l'interesse verso lo stimolo focus. Il carico di lavoro cognitivo può essere inoltre indagato grazie alla misurazione dei battiti di ciglia o ammiccamento. Compiti cognitivamente impegnativi possono essere associati a ritardi nei battiti di ciglia, il cosiddetto ammiccamento dell'attenzione. Altra riflessione interessante deriva dal fatto che una frequenza molto bassa di ammiccamenti è solitamente associata a livelli di concentrazione più elevati, mentre una frequenza piuttosto alta è indicativa di sonnolenza e livelli inferiori di concentrazione e interesse. In particolare, la metrica dell'ammiccamento può essere utile per approfondire ulteriormente il carico cognitivo; una pagina web, ad esempio, o una confezione di un prodotto, può essere progettata per ridurre il più possibile tale sforzo e alleggerire il mezzo di passaggio delle informazioni, consentendo dunque una elaborazione più semplice e immediata del messaggio.

Le applicazioni dell'eye tracking sono molteplici e spaziano dagli studi di neuroscienze sulla cognizione al tracciamento dello sguardo nei locali commerciali; dallo sviluppo in fase di produzione alla user experience sul digitale; dalle simulazioni al gaming, fino naturalmente alla ricerca medica e alla formazione.

Gli strumenti utilizzati nel neuro-marketing, sottolineano la potenzialità connessa alla conoscenza approfondita dell'*altro*, nel nostro caso l'utente o il potenziale acquirente. L'eye tracking consente di vedere ciò che l'altro vede, in linea di principio di conoscere meglio i panni di chi vogliamo catturare in termini di attenzione. La conoscenza del funzionamento cognitivo, della psicologia e del processo attentivo si rivela dunque interessante per meglio modulare e talvolta diversificare il proprio messaggio. L'interesse dell'acquirente, specie con l'aumentare della complessità e dell'offerta, deve essere conquistato.

I dati sullo sguardo del conducente possono essere utilizzati per analizzare i cambiamenti nelle richieste visive e cognitive per valutare la prontezza del conducente. Ad esempio, è stato riferito che l'aumento della domanda cognitiva ha un impatto sull'allocazione dell'attenzione dei conducenti alla carreggiata. Con l'aumento della domanda cognitiva, i conducenti tendono a concentrare lo sguardo davanti al veicolo. Questa concentrazione dello sguardo si traduce in una frequenza ridotta di visualizzazione del tachimetro e degli specchietti e una ridotta capacità di rilevare in entrambe le periferie. Queste pratiche sono coerenti con cecità

involontaria, perdita di consapevolezza situazionale e situazioni come "sembrava ma non riusciva a vedere".

Una misura importante e intuitiva per rilevare i cambiamenti nello sguardo dei conducenti dovuti all'aumento della domanda cognitiva è la percentuale di centro stradale (PRC). La PRC è definita come "la percentuale di fissazioni che rientrano in un'area predefinita del centro stradale durante un periodo specifico". È stato dimostrato che la PRC aumenta con l'aumento del carico cognitivo. Sebbene il concetto di RPC sia semplice da comprendere, la definizione di centro stradale differisce significativamente in letteratura. È definita come una regione rettangolare centrata davanti al veicolo con una larghezza di 15° e 20°, o una regione circolare di 16° di diametro centrata attorno al punto centrale della strada e centrata sull'angolo di sguardo più ricorrente del guidatore. Alcune implementazioni della PRC utilizzavano punti di sguardo grezzi e traiettorie dello sguardo registrate da eye tracker che non erano raggruppati in saccadi e fissazioni. Gli autori hanno confrontato questi approcci e hanno osservato una forte correlazione tra PRC basata sullo sguardo grezzo e PRC basata sulla fissazione.

Per caratterizzare le variazioni del comportamento dello sguardo con la domanda cognitiva, diversi ricercatori utilizzano anche la deviazione standard dei punti di sguardo. La deviazione standard viene calcolata dalla proiezione della scia dello sguardo del conducente su un aereo o dall'angolo dello sguardo del conducente. Viene presentato un confronto di varie tecniche utilizzate per caratterizzare i cambiamenti nello sguardo dei conducenti sotto carico cognitivo. I dati associati agli occhi e allo sguardo del conducente vengono utilizzati dagli algoritmi ADAS per rilevare l'attenzione del conducente. Uno schema tipico adottato negli algoritmi ADAS per rilevare e migliorare la vigilanza del conducente utilizzando i dati visivi usuali del conducente è mostrato in Figura 7.5. Questi algoritmi acquisiscono continuamente i dati visivi del conducente attraverso numerosi sensori associati al corpo del conducente e installati all'interno del veicolo. I dati visivi ottenuti vengono elaborati nelle fasi successive per estrarre e classificare le caratteristiche vitali. Nella fase successiva, viene presa una decisione sulla base della classificazione dei dati. La decisione viene trasmessa al conducente sotto forma di segnali acustici o visivi.

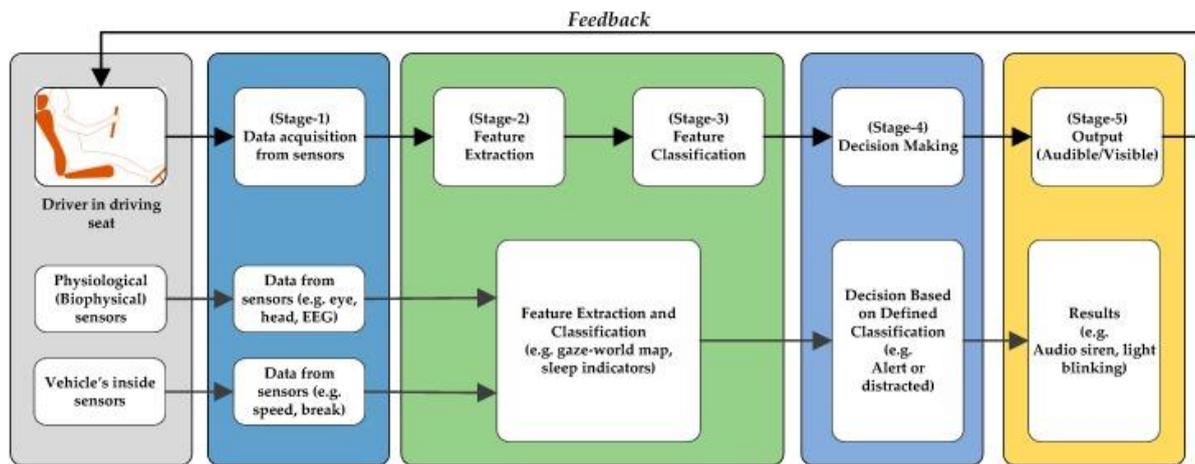


Figura 7.5 Le fasi dei dati visivi negli algoritmi tipici dei sistemi avanzati di assistenza alla guida (ADAS).

Gli elementi chiave del processo di guida sono il conducente, il veicolo e l'ambiente di guida, come mostrato nella Figura 5. Il conducente, che svolge il ruolo fondamentale in questo processo, deve comprendere l'ambiente di guida (ad esempio, il traffico nelle vicinanze e segnali stradali), prendere decisioni ed eseguire le azioni appropriate. Pertanto, il ruolo del conducente ha tre fasi: consapevolezza situazionale, decisione e azioni.

La consapevolezza situazionale è considerata la fase più importante e complicata che può essere modellata come un processo in tre fasi. Il primo passo è percepire gli elementi all'interno dell'ambiente in precisi limiti di tempo e di spazio. Il secondo passo è comprendere il significato relativo degli elementi percepiti; e, il passo finale è proiettare il loro impatto nel prossimo futuro. La capacità di un guidatore di percepire accuratamente più eventi ed entità in parallelo dipende dalla sua attenzione durante il primo passaggio (cioè la percezione); e di conseguenza, lo stadio della consapevolezza situazionale dipende principalmente da esso.

Per quanto riguarda l'attenzione del conducente, è necessario acquisire ed elaborare le informazioni disponibili durante anche le fasi della decisione e delle azioni. Inoltre, in un ambiente di guida complesso e vivace, aumenta la necessità dell'attenzione attiva del guidatore, al fine di salvare vite e proprietà. Pertanto, l'ADAS monitora continuamente l'attenzione del conducente e genera un allarme o una contromisura in caso di negligenza. Il livello dell'allarme o della contromisura dipende dalla natura e dall'intensità della negligenza.

Le prestazioni del conducente sono gravemente influenzate dalla distrazione ed è considerata la ragione principale di quasi la metà degli incidenti totali. Ci sono diverse attività che distraggono, secondo l'NHTSA, queste attività sono classificate come:

- Distrazione visiva (distogliere lo sguardo dalla strada);
- Distrazione fisica (es. mani dal volante);
- Distrazione cognitiva (es. mente fuori dal dovere di guidare);
- Distrazione uditiva (ad esempio, distogliere le orecchie dai segnali uditivi e dai clacson).

Distrazione visiva e prestazioni di guida

Gli esseri umani hanno una capacità limitata di svolgere più compiti contemporaneamente senza compromettere l'esecuzione di tutti i compiti. Pertanto, impegnarsi in un compito competitivo durante la guida degrada le prestazioni del conducente; e, di conseguenza, mette in pericolo la sicurezza del traffico. Il comportamento di guida può essere valutato con determinati indicatori delle prestazioni di guida. Questi indicatori includono: controllo laterale, tempo di reazione e velocità, come viene discusso di seguito.

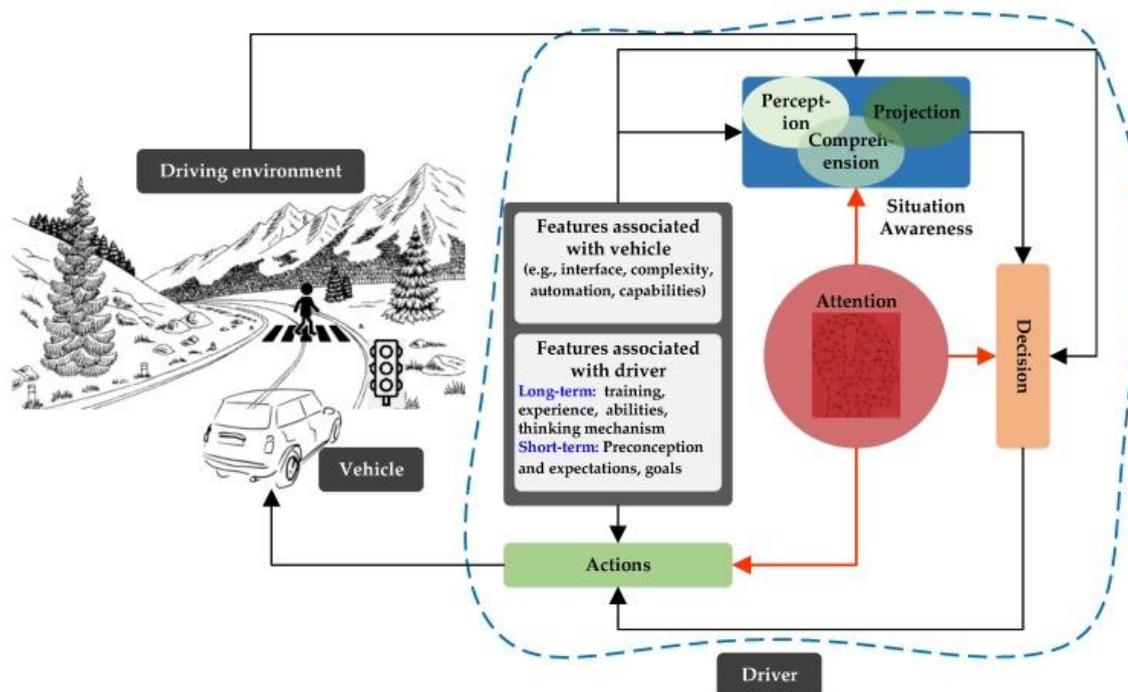


Figura 7.6 Schema di funzionamento dell'eye tracking in caso di pericolo.

Tipicamente, il controllo laterale è influenzato dalla distrazione visiva. I conducenti distratti compiono manovre e deviazioni più ampie nel posizionamento della corsia poiché devono compensare gli errori commessi mentre i loro occhi erano fuori strada. Questa maggiore variabilità della posizione della corsia è stata segnalata da diversi ricercatori. Inoltre, il controllo dello sterzo dei conducenti distratti è meno fluido rispetto ai loro stati di guida attenti. D'altra parte, ha rilevato che non vi è alcuna differenza significativa nella deviazione standard del controllo laterale per i conducenti distratti e normali. La differenza nei risultati dei ricercatori potrebbe essere dovuta a diverse condizioni di test e comportamenti di guida variabili.

Il tempo di reazione viene calcolato da numerose misure, come il tempo di reazione del freno (BRT), il tempo di risposta di rilevamento (DRT) e il tempo di rilevamento periferico (PDT). Questi tempi di reazione forniscono una misura del carico mentale del conducente. Di solito, il tempo di reazione aumenta per i conducenti visivamente distratti.

La distrazione del guidatore dovuta a stimoli visivi si traduce in genere in una riduzione della velocità. La velocità ridotta è forse il risultato di un meccanismo di compensazione per un rischio potenziale poiché il rischio potenziale può essere minimizzato attraverso una velocità ridotta. Tuttavia, sono riportati risultati contraddittori, è stato osservato un aumento della velocità media e diverse violazioni di velocità per guidatori distratti. Gli autori hanno argomentato che il rumore molto basso all'interno del veicolo era la ragione delle incongruenze poiché il conducente, pensando che il veicolo fosse a velocità normale, non controllava frequentemente il tachimetro. Poiché diversi ricercatori hanno diversi ambienti di simulazione o test (ad es. veicoli vicini, condizioni stradali), differenze o opposizioni reciproche i risultati contraddittori sono naturali.

I ricercatori hanno sfruttato le caratteristiche dei dati sui movimenti oculari per la distrazione del guidatore e il rilevamento della sonnolenza. Le seguenti caratteristiche relative ai movimenti del bulbo oculare e delle palpebre sono usate frequentemente in questo campo.

- PERCLOS: è una misura della percentuale di chiusura degli occhi. Corrisponde alla percentuale di tempo durante un periodo di un minuto durante il quale gli occhi rimangono chiusi per almeno il 70% o l'80%.
- Percentuale occhi chiusi >70% (PERCLOS70).

- Percentuale occhi chiusi >80% (PERCLOS80).
- PERCLOS70 con riferimento.
- PERCLOS80 baseline.
- Ampiezza lampeggio: l'ampiezza del lampeggio è la misura della tensione elettrica durante un lampeggio. Il suo valore tipico varia da 100 a 400 μV .
- Rapporto ampiezza/velocità (APVC).
- APCV con regressione.
- Energia di battito di ciglia (EC).
- Basato sulla CE.
- Durata battito di ciglia: è il tempo totale dall'inizio alla fine di un battito di ciglia. In genere viene misurato nelle unità di millisecondi. Una sfida associata alle tecniche di rilevamento della sonnolenza basate sul comportamento delle palpebre è comprendere l'individualizzazione della misura. Ad esempio, alcune persone sbattono le palpebre più frequentemente in condizioni di veglia o gli occhi di alcune persone rimangono leggermente aperti anche in condizioni di sonno. Quindi, la calibrazione personale è un prerequisito per applicare queste tecniche.
- Frequenza battito: è il numero di battiti al minuto. Una frequenza di battito aumentata è tipicamente associata all'inizio del sonno.
- Ritardo di riapertura palpebrale: è la misura del tempo che intercorre tra le palpebre completamente chiuse e l'inizio della loro riapertura.

Il suo valore è nell'intervallo di pochi millisecondi per una persona sveglia; aumenta per una persona assonnata; ed è prolungato a diverse centinaia di millisecondi per una persona che subisce un microsonno.

- Microsonno: viene rilevato un battito di ciglia quando la palpebra superiore dell'occhio rimane a contatto con quella inferiore coprendo per circa 200–400 ms e se questa durata supera i 500 ms (e meno di 10 s), questa situazione corrisponde a un microsonno. Il microsonno di un guidatore può causare incidenti mortali.
- Evento Microsleep 0,5 sec.

- Evento Microsleep 1,0 sec.
- Chiusura dell'occhio quadrato medio.
- Significa chiusura degli occhi.
- Velocità media di chiusura degli occhi.

Le attività fisiche del conducente, come i movimenti della testa, vengono acquisite ed elaborate nelle applicazioni ADAS. Le telecamere sono installate all'interno del veicolo in luoghi idonei a registrare i movimenti fisici del guidatore e i dati dello sguardo. Il vantaggio principale degli approcci di rilevamento dello sguardo basati su video risiede nella sua natura non intrusiva. Ad esempio, hanno modellato e rilevato la distrazione visiva di un conducente utilizzando le informazioni associate alla posa e alla posizione della testa del conducente. Tuttavia, sia intuitivamente che quando spiegata dagli autori, questa tecnica tende a segnalare falsi positivi. La ragione principale di ciò è la possibilità che il guidatore guardi sulla strada mentre la sua testa (o lei) è inclinata di lato. Questo studio spiega anche la necessità di sistemi di tracciamento dell'occhio e dello sguardo ad alte prestazioni per ADAS. L'autore ha proposto una tecnica migliorata incorporando la PRC della direzione dello sguardo. Lo hanno analizzato in 1 min. Per la loro configurazione, hanno scoperto che $PRC < 58\%$ era il risultato di distrazione visiva, mentre $PRC > 92\%$ era dovuto a distrazione cognitiva.

Gli autori di hanno riportato una correlazione tra le prestazioni di guida e la distrazione visiva utilizzando la durata dello sguardo come caratteristica di rilevamento. È stato riportato che l'accuratezza del rilevamento osservata utilizzando i soli dati sul movimento degli occhi è quasi uguale a quella osservata in modo approfondito utilizzando sia i dati sul movimento degli occhi che i dati sulle prestazioni di guida. Come riportato in studi precedenti e verificato da ricerche recenti, le caratteristiche del movimento oculare possono essere utilizzate efficacemente per rilevare la distrazione visiva e cognitiva.

Si scopre che i conducenti distratti hanno uno sguardo fisso più a lungo oppure fissano frequentemente altri compiti concorrenti. Si osserva inoltre che un guidatore cognitivamente distratto di solito mostra una durata di sguardo fisso più lungo nella stessa area. L'area dove si concentra lo sguardo può essere associata a un'attività concorrente (ad es. Multimedia all'interno del veicolo) o alle periferie del campo visivo.

È da notare che, per definizione, la distrazione visiva è diversa dalla distrazione cognitiva (che include lo stato "guardare ma non vedere"), e anche i loro effetti non sono gli stessi. La

distrazione cognitiva disturba il controllo longitudinale del veicolo, mentre la distrazione visiva influisce sul controllo laterale del veicolo e sulla capacità di sterzata del conducente. Inoltre, la sovracompensazione e l'abbandono dello sterzo sono correlate alla distrazione visiva, mentre la sottocompensazione è associata alla distrazione cognitiva. Allo stesso modo, la frenata brusca è per lo più correlata alla distrazione cognitiva. Tipicamente, gli incidenti dovuti alla distrazione visiva sono più disastrosi rispetto agli incidenti dovuti alla distrazione cognitiva.

I risultati di suggeriscono che durante la distrazione visiva solo la frequenza e la durata delle fissazioni oculari è superiore alla distrazione combinata (visiva e cognitiva). Tuttavia, la frequenza e la durata delle fissazioni oculari durante la distrazione combinata è superiore a quella della sola distrazione cognitiva. È da notare che per un'adeguata consapevolezza della situazione ci deve essere un intervallo specifico di durata e frequenza adeguate di fissazione degli occhi che dipende dal conducente e dall'ambiente di guida. Pertanto, le caratteristiche del movimento oculare possono essere utili per discriminare accuratamente tra distrazione visiva e cognitiva solo se la gamma specifica delle caratteristiche del movimento oculare è preidentificata per ciascun conducente.

Oltre alle misure fisiche già spiegate, anche le misure biologiche come l'elettrooculografia (EOG) forniscono dati per il rilevamento della sonnolenza. I segnali EOG sono spesso usati per misurare le attività legate agli occhi per scopi medici; tuttavia, il loro utilizzo nelle applicazioni ADAS è accompagnato da alcune sfide. Ad esempio, la posizione degli elettrodi EOG ha un significato importante nelle sue applicazioni, poiché l'accuratezza dei dati raccolti dipende dalla distanza degli elettrodi dagli occhi.

Allo stesso tempo, è stato osservato che i conducenti non si sentono a proprio agio con gli elettrodi attaccati agli occhi durante le normali situazioni di guida. Quindi, tale sperimentazione è possibile per studi basati sulla simulazione ma non fattibile per applicazioni del mondo reale.

Rendendosi conto dei vantaggi e dei limiti relativi delle tecniche sopra discusse, i ricercatori ora tendono a fondere varie tecniche per produrre una soluzione ottimale per i sistemi di rilevamento della distrazione di ADAS. Unendo le informazioni ottenute dai parametri del veicolo (ad es. velocità di svolta e accelerazione) e i parametri fisici e biologici del conducente, vengono riportati risultati più accurati e affidabili. Ad esempio, gli autori di hanno riportato che l'accuratezza del rilevamento della distrazione è dell'81,1% fondendo i

dati di saccadi, fissazione oculare, controllo laterale e volante attraverso un algoritmo di supporto vettoriale della macchina. Gli autori di hanno rilevato la distrazione del guidatore elaborando le informazioni ottenute dai parametri fisici (frequenza degli ammiccamenti, posizione e durata della fissazione degli occhi) e dalle prestazioni di guida (volante e controllo laterale). Utilizzando gli stessi parametri fisici, gli autori hanno considerato diverse misure delle prestazioni di guida (cioè velocità, accelerazione laterale e decelerazione longitudinale) per rilevare la distrazione del guidatore. Sono stati uniti parametri biologici e fisici (orientamento della testa, dati sullo sguardo e diametro della pupilla) per produrre risultati più accurati (91,7% e 93%) utilizzando rispettivamente la macchina vettoriale di supporto e gli algoritmi di potenziamento adattivo (Adaboost). Una sintesi delle tecniche di misurazione, dei loro vantaggi e dei loro limiti è presentata nella tabella in Figura 7.7.

Measurement	Ability to Detect Distraction			Pros	Cons
	Visual	Cognitive	Visual and Cognitive		
Driving Performance	Y	N	N	<ul style="list-style-type: none"> Ability to indicate the effect of driving distraction 	<ul style="list-style-type: none"> Requirement of complementary subjective reports to obtain high accuracy results
Physical Measurements	Y	Y	N	<ul style="list-style-type: none"> Ability to distinguish between distraction types 	<ul style="list-style-type: none"> Unable to distinguish a combined type of distraction
Biological Measurements	Y	Y	Y	<ul style="list-style-type: none"> Ability to measure cognitive and visual distraction 	<ul style="list-style-type: none"> Intrusiveness
Subjective Reports	N	Y	N	<ul style="list-style-type: none"> Ability to distinguish underlying mechanism of distraction 	<ul style="list-style-type: none"> Requires input of an expert
Hybrid Measurements	Y	Y	Y	<ul style="list-style-type: none"> Higher accuracy for discriminating types of distractions Able to complement the blind spots of other methods 	<ul style="list-style-type: none"> Synchronization of multiple source of data with different sampling rate

Figura 7.7 Tabella degli algoritmi di elaborazione dati, sintesi delle tecniche di misura.

I dati degli occhi e dello sguardo del conducente contengono informazioni associate al livello di allerta del conducente.

Le seguenti caratteristiche dei dati visivi del conducente vengono utilizzate frequentemente nelle applicazioni ADAS:

- Differenza tra il valore massimo e minimo dei dati;
- Deviazione standard dei dati;

- Valore quadratico medio della radice dei dati;
- Durata dei dati del segnale;
- Differenza massima tra due valori consecutivi qualsiasi;
- Mediana dei dati;
- Significato dei dati;
- Valore massimo dei dati;
- Valore minimo dei dati;
- Ampiezza della differenza tra il primo valore e l'ultimo valore;
- Differenza tra il valore massimo e minimo del differenziale di dati.

Esistono vari algoritmi sviluppati e implementati dai ricercatori per modellare e utilizzare i dati sugli occhi e sullo sguardo per rilevare la prontezza e le intenzioni di un conducente. Questi algoritmi utilizzano la logica fuzzy, reti neurali, reti bayesiane, tecniche di apprendimento automatico non supervisionato, semi-supervisionato e supervisionato; e combinazioni di più tecniche. È logico che, a seconda dell'utilizzo e delle risorse disponibili, gli algoritmi di elaborazione selezionino ed elaborino i dati o parte di essi. Ad esempio, è stato sostenuto che è sufficiente suddividere lo sguardo in regioni allo scopo di mantenere il conducente al sicuro. La loro proposta approccio, che stima la regione dello sguardo del conducente senza utilizzare i movimenti oculari, estrae i tratti del viso e classifica la loro configurazione spaziale in sei regioni in tempo reale. In una ricerca è stato valutato il sistema sviluppato su un set di dati di 50 conducenti da uno studio su strada, ottenendo un'accuratezza media del 91,4% con un tasso di decisione medio di 11 Hz. Inoltre, in letteratura vengono discussi anche algoritmi per circostanze speciali come durante il tempo nebbioso e appartengono a categorie già discusse.

Ad esempio, il lavoro si basa su approcci di deep learning. In generale, tutti questi algoritmi eseguono un processo ricorsivo simile al diagramma di flusso mostrato nella Figura 7.8. Il diagramma di flusso presentato mostra, ad esempio, come si ottiene l'eye tracking nelle applicazioni ADAS. I passaggi principali mostrati nel diagramma di flusso possono essere realizzati mediante l'applicazione di qualsiasi opportuno algoritmo convenzionale o moderno.

Inoltre, i dati sugli occhi e sullo sguardo vengono utilizzati anche per il rilevamento precoce delle intenzioni di un guidatore, che è una caratteristica interessante di ADAS. La maggior parte degli schemi è stata sviluppata per la previsione delle manovre di un conducente il cui comportamento si basa principalmente sul modello nascosto di Markov (HMM) e sulle sue varianti.

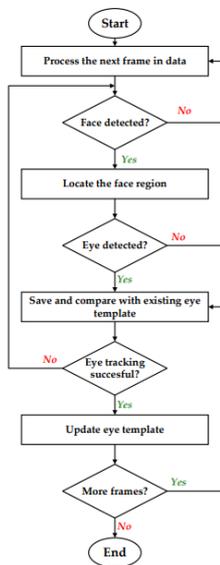
Questi schemi vengono applicati ai dati ottenuti dalla sequenza dello sguardo del guidatore e dalla posizione della testa. Per elaborare i dati, il riconoscimento dei modelli basato su funzionalità e le tecniche di apprendimento automatico sono utilizzati frequentemente. Questi schemi sono progettati per rilevare una singola manovra di comportamento come il cambio di corsia, o solo la virata o i comportamenti di manovra multipla.

Ad esempio, il rilevamento precoce dell'intenzione di cambiare corsia è stato ottenuto utilizzando l'HMM modelli di comportamento dello sterzo. Questo lavoro è anche in grado di differenziare tra stato normale e di emergenza cambi di corsia. Allo stesso modo, i ricercatori hanno utilizzato la macchina del vettore di rilevanza per prevedere le intenzioni del conducente di cambiare corsia, frenare e fare i turni. Inoltre, applicando modelli di rete neurale artificiale sui dati del comportamento dello sguardo, gli autori di hanno ipotizzato le manovre del conducente intenzioni. Sono stati utilizzati approcci di deep learning⁶⁸ per la diagnosi precoce delle intenzioni del conducente.

In questa ricerca sono state combinate unità di rete neurale ricorrenti (RNN) e memoria a lungo termine (LSTM) che fondono le varie caratteristiche associate al conducente e all'ambiente di guida per prevedere le manovre. Queste caratteristiche includevano le caratteristiche relative al viso e agli occhi catturate da una telecamera frontale, i parametri di guida, la mappa stradale e la scena. Il sistema sviluppato può prevedere una manovra 3,5 s prima, insieme a prestazioni di richiamo del 77,1% e 87,4% e una precisione dell'84,5% e del 90,5% rispettivamente per un tracker facciale ottimale pronto all'uso e personalizzato. Inoltre sono proposti anche algoritmi di riconoscimento di pattern basati sulle caratteristiche di algoritmi di riconoscimento dei pattern sintattici basati sulla lingua per la diagnosi precoce dell'intento del conducente. Gli autori hanno adottato l'algoritmo della foresta casuale e hanno utilizzato i dati dei modelli di transizione tra i singoli stati di manovra per prevedere lo stile di guida. Hanno mostrato che l'uso delle probabilità di transizione tra le manovre hanno portato a una migliore previsione dello stile di guida rispetto alle tradizionali frequenze di manovra

⁶⁸ Deep learning è un tipo di machine learning che utilizza algoritmi destinati a funzionare in modo simile al cervello umano.

nell'analisi comportamentale. La tabella 4 in Figura 7.9 presenta un riepilogo degli algoritmi di elaborazione dei dati utilizzati in ADAS che utilizzano i dati dell'occhio e dello sguardo del conducente per rilevare la distrazione e l'affaticamento.



Eye Detection	Tracking Method	Used Features	Algorithm for Distraction/ Fatigue Detection	Performance
Imaging in the IR spectrum and verification by SVM	Combination of Kalman filter and mean shift	PERCLOS, Head nodding, Head orientation, Eye blink speed, Gaze direction, Eye saccadic movement, Yawning	Probability theory (Bayesian network)	Very good
Imaging in the IR Spectrum	Adaptive filters (Kalman filter)	PERCLOS, Eye blink speed, Gaze direction, Head rotation	Probability theory (Bayesian network)	Very Good
Imaging in the IR Spectrum	Adaptive filters (Kalman filter)	PERCLOS, Eye blink rate, Eye saccadic movement, Head nodding, Head orientation	Knowledge-based (Fuzzy expert system)	
Feature-based (binarization)	Combination of 4 hierarchical tracking method	PERCLOS, Eye blink rate, Gaze direction, Yawning, Head orientation	Knowledge-based (Finite State Machine)	Average
Explicitly by Feature-based (projection)	Search window (based on face template matching)	PERCLOS, Distance between eyelids, Eye blink rate, Head orientation	Knowledge-based (Fuzzy expert System)	Good
Other methods (elliptical model in daylight and IR imaging in nightlight)	Combination of NN and condensation algorithm	PERCLOS, Eye blink rate, Head orientation	Thresholding	Good
Feature-based (projection)	Search window (based on face template matching)	PERCLOS, Distance between eyelids	Thresholding	Good
Feature-based (projection)	Adaptive filters (UKF)	Continuous eye closure	Thresholding	Average
Feature-based (projection and connected component analysis)	Search window (eye template matching)	Eyelid distance	Thresholding	Very good
Feature-based (projection)	Adaptive filters (Kalman filter)	Eye blink rate		Poor
Feature-based (variance projection and face model)	Adaptive filters (Kalman filter)	PERCLOS, Eye blink speed, Head rotation		Poor

Figura 7.8 Diagramma di flusso presentato mostra, ad esempio, come si ottiene l'eye tracking nelle applicazioni ADAS

Figura 7.9 Riepilogo degli algoritmi di elaborazione dei dati utilizzati in ADAS.

Le aziende produttrici di veicoli utilizzano le caratteristiche dei dati visivi dei conducenti per offrire servizi e strutture nei modelli di fascia alta dei loro veicoli. Questi veicoli sono dotati di telecamere, radar e altri sensori per assistere i conducenti in una guida sicura e confortevole. Ad esempio, il sistema Cadillac Super Cruise utilizza la tecnologia di visione FOVIO sviluppata da Seeing Machines. In questo sistema, una telecamera IR⁶⁹ di dimensioni gommose è installata sul piantone del volante per determinare con precisione il livello di allerta del guidatore. Ciò si ottiene attraverso una misurazione esatta dei movimenti palpebrali e dell'orientamento della testa in una gamma completa di condizioni di guida diurne e notturne. Il sistema è in grado di funzionare bene anche quando il conducente indossa occhiali da sole. La tabella 5 riassume le caratteristiche offerte dalle aziende produttrici di veicoli.

In questo modo, i conducenti riducono l'attenzione alla strada e, di conseguenza, si distraggono poiché sentono la libertà di disimpegnarsi dalla guida. Sebbene le aziende

⁶⁹IR, telecamera ad infrarossi, registra la radiazione infrarossa proveniente da un organismo vivente.

produttrici di veicoli e le agenzie di controllo del traffico affermano chiaramente che i conducenti umani dovrebbero monitorare l'ambiente di guida a questi livelli, persistono ancora diverse sfide relative all'uso e all'applicazione. Nello specifico, un guidatore può rimanere disimpegnato dalla guida pur facendo affidamento sull'ADAS e mantenere comunque un ambiente di guida sicuro? Allo stesso modo, cosa succede se il sistema automatizzato ha solo la possibilità di salvare il veicolo o la proprietà? Risposte soddisfacenti a queste domande non sono ancora chiare e appartengono a un'area di ricerca attiva.

Gli autori ritengono che l'adozione di massa di eye e eye tracker dipenda tanto dal loro costo quanto dalla loro accurata funzionalità in ambienti naturali (cioè, condizioni di luce mutevoli e normali

movimenti della testa). A questo proposito, qui vengono discussi i requisiti e le caratteristiche dei futuri tracciatori di occhi e sguardi.

Costo: i prezzi degli eye tracker esistenti sono troppo alti per essere utilizzati dal pubblico in generale. L'alto costo degli eye tracker è dovuto principalmente al costo delle parti (ad esempio, obiettivi e fotocamere di alta qualità), al costo di sviluppo e al mercato relativamente limitato. Per superare questo problema, i futuri tracciatori di occhi e sguardi dovrebbero optare per i componenti standard comunemente disponibili, come le fotocamere digitali o web. Inoltre, sono necessari nuovi sviluppi teorici e sperimentali in modo che sia possibile ottenere un tracciamento accurato dell'occhio e dello sguardo con immagini di bassa qualità.

Flessibilità: i tracker dello sguardo esistenti in genere richiedono la calibrazione sia della disposizione geometrica che delle telecamere, il che è un lavoro noioso. In determinate situazioni potrebbe essere opportuno calibrare, ad esempio, il monitor e le sorgenti luminose senza richiedere la calibrazione geometrica e della fotocamera.

Una configurazione così flessibile è vantaggiosa per gli eye tracker destinati all'uso in movimento.

Calibrazione: le attuali tecniche di tracciamento dello sguardo utilizzano un semplice modello precedente con diversi punti di calibrazione o un modello precedente forte (calibrato hardware) con una breve sessione di calibrazione.

Una direzione futura nel tracciamento dello sguardo è lo sviluppo di tecniche che non richiedono una calibrazione (o estremamente minima). Riteniamo che dovrebbero essere

sviluppati nuovi modelli di occhi e sguardi per realizzare un tracciamento dello sguardo senza calibrazione, che è anche affidabile.

Tolleranza: attualmente esistono solo soluzioni parziali per soddisfare la tolleranza richiesta dall'applicazione che coinvolge occhiali e lenti a contatto. I problemi in tali situazioni possono essere parzialmente risolti utilizzando più sorgenti luminose coordinate con il movimento della testa degli utenti rispetto alla sorgente luminosa e alla telecamera. La tendenza a produrre sistemi di tracciamento oculare a basso costo potrebbe aumentare per il loro utilizzo nelle applicazioni tradizionali. Questa pratica, tuttavia, può portare a un tracciamento dello sguardo di bassa precisione che potrebbe essere accettabile per determinate applicazioni, ma non per ADAS. Riteniamo che potrebbero essere necessari ulteriori approcci di modellazione come la modellazione degli occhiali stessi in varie condizioni di luce se gli eye tracker devono essere utilizzati in applicazioni esterne.

Interpretazione dello sguardo: mentre si affrontano i problemi tecnici associati agli occhi e al tracciamento dello sguardo, anche l'interpretazione della relazione tra stati visivi e cognitivi è molto importante.

L'analisi del comportamento dei movimenti oculari aiuta a determinare gli stati cognitivi ed emotivi, nonché la percezione visiva umana. I futuri tracciatori di occhi e sguardi potrebbero sfruttare una combinazione di dati di occhi e sguardi con altri gesti. Sicuramente, questo è un argomento di ricerca multidisciplinare a lungo termine.

Utilizzo di IR e applicazioni per esterni: la luce IR viene utilizzata nei sistemi di tracciamento oculare in quanto è invisibile all'utente e le condizioni di luce possono essere controllate per ottenere una stima dello sguardo stabile e immagini ad alto contrasto.

Uno svantaggio pratico di tali sistemi è l'affidabilità limitata quando utilizzati in applicazioni esterne. Quindi, la maggiore affidabilità nell'uso esterno è un requisito per i supporti per la testa: una parte della comunità di ricerca enfatizza il tracciamento dello sguardo a distanza, eliminando la necessità di supporti per la testa. Tuttavia, i tracker dello sguardo con supporti per la testa possono vedere un risveglio a causa dei problemi associati ai tracker remoti e per la maggiore attenzione sui minuscoli display portatili montati sulla testa. I sistemi di eye tracking montati sulla testa sono generalmente più precisi in quanto rimangono minimamente influenzati dalle variazioni esterne e la loro geometria consente l'applicazione di più vincoli.

Tobii Tech è l'azienda leader mondiale per la tecnologia eye tracking, ha realizzato soluzioni di tracciamento oculare per funzionare la più ampia gamma possibile per la popolazione, per tutti i tipi di ambienti di lavoro e su una varietà di macchine e dispositivi, inclusi laptop, tablet, veicoli, e visori VR e AR, oltre a sistemi medici, educativi e di formazione su misura.

L'azienda è riuscita a sviluppare non solo un sistema di tracciamento oculare che funzioni in un ambiente controllato ma l'ha reso applicabile ovunque. Tobii ha lavorato per creare una tecnologia che soddisfi questo principio e soluzioni che:

- Supporta la più ampia variazione di forme degli occhi, colore e riflettività retinica.
- Funziona indipendentemente dalla luce ambientale, dal dispositivo target e dal caso d'uso.
- Accogliere il movimento degli utenti.
- Aderire agli standard e supportare i principi snelli per il trasferimento dei dati, il consumo e il carico computazionale.
- Mantieni la privacy e l'integrità dell'utente.
- Sono ripetibili nella produzione sostenibile su larga scala.

L'approccio di progettazione iterativo su più fronti necessario per creare una tecnologia così robusta ha portato a un ampio portafoglio di oltre 700 brevetti che coprono l'intero dominio di tracciamento oculare, proteggendo una soluzione economicamente vantaggiosa per tutti, ovunque, ogni dispositivo.

Per i casi studio sono stati selezionati gli Occhiali Tobii Pro3 l'eye tracker indossabile di terza generazione ti consente di condurre ricerche comportamentali in un'ampia gamma di impostazioni. Tobii Pro Glasses 3 offre un solido tracciamento degli occhi e dati accurati sullo sguardo, offrendo agli utenti la libertà di muoversi e interagire in modo naturale. La telecamera di scena offre un ampio campo visivo, mentre la tecnologia di tracciamento oculare integrata negli obiettivi crea una visuale libera per chi lo indossa. Ciò consente il tracciamento di angoli di sguardo più ampi e fornisce dati più completi sull'attenzione visiva. Inoltre sono stati progettati per essere discreti nel campo visivo di chi li indossa, gli occhiali Tobii Pro 3 gestiscono i movimenti naturali della testa e del corpo senza sacrificare la qualità dei dati. Un design discreto e leggero, simile agli occhiali normali, aumenta la possibilità di ottenere comportamenti naturali, soprattutto nei luoghi pubblici o durante l'interazione faccia

a faccia. Questo eye tracker indossabile è sufficientemente versatile da gestire la ricerca nel mondo reale senza sacrificare la qualità o l'affidabilità dei dati.

Le nuove funzionalità includono:

- 16 illuminatori e 4 telecamere oculari integrate in lenti antigraffio, che consentono un posizionamento ottimale e offrono una visuale libera per chi lo indossa
- Scene camera con un campo visivo più ampio (106° H: 95°, V: 63°)
- Lenti protettive aggiuntive, sia trasparenti che colorate
- Tecnologia integrata nei telai per un design robusto e la capacità di adattarsi sotto il copricapo
- App controller in grado di funzionare su Android, Windows e macOS
- App controller adatta per Android, Windows e macOS. Disponibile in inglese, cinese e giapponese.

L'integrazione della tecnologia di tracciamento oculare di base di Tobii nelle lenti consente il posizionamento ottimale delle telecamere e degli illuminatori di tracciamento oculare, mentre il modello oculare 3D brevettato di Tobii, combinato con due telecamere per occhio per occhio, fornisce dati sullo sguardo molto accurati con una perdita di dati minima e una solida stima delle dimensioni della pupilla. La tecnologia di compensazione dello slittamento e la calibrazione persistente consentono dati di tracciamento oculare concreti e coerenti durante le registrazioni, anche se gli occhiali si muovono sulla testa del partecipante o vengono tolti e riacciati. I sensori integrati dell'accelerometro, del giroscopio e del magnetometro forniscono la differenziazione tra i movimenti della testa e degli occhi, eliminando l'impatto del movimento della testa sui dati di rilevamento degli occhi.

SI possono controllare i dati dello sguardo in tempo reale con l'app controller Tobii Pro Glasses 3. L'app funziona su Android, Windows e MacOS. È quindi possibile esportare i dati in Tobii Pro Lab per l'analisi. Lo strumento di mappatura assistita aggrega e mappa in modo intelligente i dati dai video di rilevamento degli occhi alle istantanee, così puoi iniziare a visualizzare i dati quantificati o iniziare a estrarre statistiche. Ciò semplifica il processo di registrazione e riduce drasticamente il tempo necessario per analizzare i dati registrati con Pro Glasses 3 (Figura 7.10).



Figura 7.10 Immagini rappresentative di Tobii Pro Glasses 3

7.2 EEG

Elettroencefalografia (EEG): è una misura del campo elettrico delle correnti che fluiscono durante l'eccitazione sinaptica dei neuroni nella corteccia cerebrale quando questi sono attivati. Tutti i suddetti sensori registrano i cambiamenti nella fisiologia di vari organi a seguito di adattamenti del SNA; al contrario, l'EEG registra le differenze di potenziale aggregate dai neuroni attivi, catturando così una prospettiva elettrica sulla fonte locale dell'attività del SNA dal SNC. Il segnale EEG presenta ampiezze comprese tra 2 e 100 μV sul cuoio capelluto e una gamma dinamica compresa tra 0,5 e 60 Hz. Il cervello è l'unità di controllo principale per tutte le funzioni dell'organismo, compreso il controllo del movimento del corpo, l'elaborazione sensoriale, il linguaggio e la comunicazione, la memoria e le emozioni. L'EEG è stato utilizzato nelle neuroscienze cognitive per studiare la regolazione e l'elaborazione delle emozioni negli ultimi decenni. Gli spettri di potenza dell'EEG sono stati spesso valutati in diverse bande di frequenza distinte, come delta (δ : 1–3 Hz), theta (θ : 4–7 Hz), alfa (α : 8–13 Hz), beta (β : 14–30 Hz) e gamma (γ : 31–50 Hz), per esaminare la loro relazione con gli stati emotivi. Pertanto, l'EEG può essere utilizzato per correlare la generazione di emozioni e le regioni cerebrali.

Vediamo in sintesi come l'EEG elabora il segnale cerebrale, una volta ricevuti gli impulsi elettrici vi è una prima fase di elaborazione dove gli algoritmi estraggono dall'attività cerebrale delle misurazioni a basso livello dette Metriche Tecniche, queste ultime entrano in una seconda fase di elaborazione dove vengono convertite in Modelli Interpretativi che forniscono le informazioni riguardanti lo stato mentale dell'utente che infine vengono rielaborati in dati software rappresentabili in grafici, ad esempio si possono misurare biomarker neurali associati ad attenzione, attivazione e carico cognitivo, in questo caso i modelli interpretativi sono dedicati alle performance mentali dirette. In questo modo si riesce a misurare in tempo reale le condizioni mentali di uno o più utenti durante una qualsiasi attività: training, sport, lavoro, visione di un video, ecc. È quindi possibile comprendere facilmente, tramite una serie di parametri, come la mente dei soggetti reagisce a stimoli esterni di qualsiasi natura e come si comporta durante lo svolgimento di un task. Attraverso la combinazione dei vari parametri, ricavati dagli algoritmi, si possono ottenere applicativi su misura del cliente. Ad esempio si possono ridurre i rischi sul lavoro, dato che misura lo stato attento o l'affaticamento durante lavori che richiedono grandi livelli di concentrazione, tutto in tempo reale, aiutando a prevenire cali di performance.

Diversamente da altri metodi di rilevamento che si basano su caratteristiche esterne, il rilevamento basato su EEG può identificare efficacemente tutti i tipi di distrazione e presenta vantaggi nel rilevamento della distrazione cognitiva. Questa funzione può consentire l'utilizzo di un singolo dispositivo EEG per riconoscere distrazioni miste, ridurre il numero di dispositivi di rilevamento e migliorare la portabilità. L'ambiente sperimentale e i metodi di ricerca corrispondenti di alcuni studi sono riassunti e ordinati come mostrato nella Figura 7.11.

Author (year)	Objective	Environment	Participants	EEG signal analysis method	Data analysis method
Berti, 2010	Relationship between REPs and distraction	Static test	12	Amplitude analysis	T- test; ANOVA
Lin et al., 2008	Relationship between EEG and distraction	Driving simulation	11	ICA; FFT; ERSP	ANOVA
Lin et al., 2011a	Relationship between EEG and distraction	Driving simulation	15	ICA; FFT; ERSP	ANOVA
Lin et al., 2011b	Relationship between EEG and distraction	Driving simulation	16	ICA; FFT; ERSP	ANOVA
Wali et al., 2013b	Relationship between EEG and distraction	Driving simulation	50	Wavelet packet transforms; FFT	Mean \pm SD; ANOVA
Almahasneh et al., 2014	The active position of the brain when distracted	Driving simulation	42	Amplitude analysis; Linear discriminant analysis	Paired sample t-test
Liu et al., 2016	Distraction measurement	Real on-road experiment	41	-	-
Savage et al., 2020	Relationship between EEG and distraction	Driving simulation	17	ICA	T-test

Le emozioni svolgono un ruolo estremamente importante nel processo decisionale, nella pianificazione, nel ragionamento e in altri comportamenti del conducente (Ali et al., 2018). Secondo il modello di Valence-Arousal, le emozioni comuni del conducente possono essere suddivise in emozioni positive (ad esempio, felice, eccitato) ed emozioni negative (ad esempio, nervoso, triste). Studi (Dula e Geller, 2003) hanno dimostrato che le emozioni possono indurre in modo significativo i giovani conducenti a impegnarsi in comportamenti di guida rischiosi come la guida spericolata e la guida rischiosa, in particolare le emozioni negative. Le emozioni positive consentono ai conducenti di guidare meglio, svolgendo così un certo ruolo positivo nella sicurezza del traffico (Lewis et al., 2008). Steinhäuser et al. (2018) ha studiato gli effetti delle emozioni positive e negative sul comportamento di guida e ha mostrato che le emozioni agiscono da mediatore per influenzare lo stato di attenzione del guidatore e quindi modificavano direttamente il comportamento di guida. La ricerca esistente (Megías et al., 2011) dimostra che gli stati emotivi dei conducenti hanno un impatto diretto sulla loro prontezza, consapevolezza del pericolo e manovrabilità. I conducenti con irritabilità tendono a guidare velocemente e si irritano facilmente durante la guida, portando a comportamenti di guida aggressivi. Ad esempio, quando il loro veicolo è costretto a rallentare a causa dell'influenza di altri veicoli, avranno uno stato d'animo arrabbiato e quindi sorpasseranno il veicolo accelerando ripetutamente e cambiando corsia (Stephens e Groeger, 2009). La ricerca attuale si è concentrata sul comportamento di guida in relazione alle percezioni del rischio, alle emozioni, agli atteggiamenti e ad alcune caratteristiche umane, tra le quali le emozioni e le componenti affettive influenzano fortemente il processo decisionale umano e il rischio percepito . Barrett e Salovey hanno suggerito che le emozioni svolgono un ruolo importante nel comportamento motivazionale. Anche analizzare l'influenza dell'umore del comportamento di guida è molto significativo, perché è difficile cambiare il proprio carattere, ma può regolare e controllare le emozioni, capire come gli stati emotivi influenzano i comportamenti di guida per influenzare il comportamento di guida, è vitale per lo sviluppo di avanzato sistema di assistenza alla guida, il sistema attraverso la flessibilità di adattarsi allo stato attuale del conducente per migliorare la sicurezza. Ciò ha grandi implicazioni per la riduzione dei comportamenti di guida pericolosi.

A livello cognitivo del cervello, la teoria della localizzazione cerebrale suggerisce che la struttura del cervello è strettamente correlata alle emozioni. Sarlo et al. (2005) hanno

utilizzato il film per indurre rispettivamente emozioni negative ed emozioni neutre dei soggetti. Lo studio ha scoperto che la banda alfa dei segnali EEG è altamente correlata ai cambiamenti emotivi. Quando vengono indotte emozioni negative, i potenziali della banda alfa nel romboencefalo destro produrranno una forte risposta. La ricerca di Balconi e Lucchiari (2008) e Miltner ha indicato che due tipi di segnali d'onda, gamma e beta, sono particolarmente utili per riconoscere le emozioni. Li e Lu (2009) hanno osservato che il segnale dell'onda gamma era correlato a due emozioni particolari ma distinte: felicità e tristezza. D'altra parte, Bos ha scoperto che le posizioni degli elettrodi più affidabili per rilevare la valenza emotiva sono F3 e F (Lin et al., 2010).

Il riconoscimento delle emozioni del conducente sta diventando un compito importante per i sistemi avanzati di assistenza alla guida (ADAS) e i dati mostrano che il monitoraggio delle emozioni del conducente durante la guida può fornire un feedback importante al conducente, che può essere utile per prevenire gli incidenti. I metodi comuni di riconoscimento delle emozioni possono essere suddivisi in due categorie basate su segnali non fisiologici e segnali fisiologici. La maggior parte degli studi iniziali utilizzava segnali non fisiologici come le espressioni facciali⁷⁰, l'intonazione della voce e le caratteristiche fisiche per estrarre le caratteristiche di riconoscimento⁷¹, ma l'effetto del riconoscimento non è stato soddisfacente perché queste caratteristiche potevano essere mascherate artificialmente e deliberatamente. Il riconoscimento del segnale fisiologico consiste principalmente in due tipi, uno è basato sul sistema nervoso periferico, come la misurazione della frequenza cardiaca umana, della respirazione, dell'impedenza cutanea e dei segnali fisiologici come l'elettromiografia, e l'altro si basa sui segnali EEG del sistema nervoso centrale. Il più grande vantaggio dei metodi di riconoscimento basati sul sistema nervoso periferico è che le emozioni non sono facilmente artificiali, ma lo svantaggio è la mancanza di un criterio uniforme e una bassa accuratezza. Con la continua ricerca, è stato scoperto che le emozioni sono strettamente legate alle attività fisiologiche e psicologiche umane e l'associazione con l'attività corticale è particolarmente ovvia. I segnali EEG hanno anche il vantaggio di essere meno suscettibili agli artefatti perché contengono molte informazioni fisiologiche e sono più accurati di altri segnali fisiologici. È diventata una tecnologia all'avanguardia per studiare le emozioni del guidatore attraverso l'elettricità del cervello. Nel 2016 uno studio (Zhang e Lee, 2010) ha operato un'efficace distinzione tra emozioni positive e negative negli esseri umani attraverso l'EEG. Zhang ha

⁷⁰ Anderson e McOwan, 2006

⁷¹ Yin et al., 2017

classificato le quattro emozioni con un metodo efficace che combina il classificatore GA-Fisher e l'EEG, con un'accuratezza del 79,82–82,74% infatti è stato proposto un sistema di riconoscimento delle emozioni efficiente e affidabile basato sui segnali EEG.

Katsi ha proposto un metodo per valutare lo stato emotivo di un pilota di auto da corsa e hanno progettato un sistema indossabile per il riconoscimento delle emozioni, che ha valutato lo stato emotivo mediante elettromiografia facciale, ECG, respirazione e attività elettrica della pelle per convalidare il sistema. Nella ricerca futura sul riconoscimento delle emozioni di guida, l'estrazione di funzionalità multimodali sarà utile per migliorare l'accuratezza dei modelli di riconoscimento e fornire un forte supporto per lo sviluppo di dispositivi di rilevamento delle emozioni di guida in tempo reale. Zheng ha proposto una tecnica di riconoscimento delle emozioni che combina le informazioni sul movimento degli occhi e l'EEG, i cui risultati dell'esperimento mostrano che le prestazioni del modello di fusione che combina EEG e caratteristiche di tracciamento oculare superano i metodi precedenti basati su segnali unimodali. Attualmente, anche la modulazione dello stato del driver multimodale è un argomento di ricerca caldo per migliorare l'accuratezza complessiva del riconoscimento del modello.

Un dispositivo di acquisizione portatile è la base per applicare queste tecnologie di rilevamento dello stato basate sull'EEG ai contesti di guida reali. Con lo sviluppo di sensori EEG a secco, circuiti integrati a bassa potenza e tecnologie di comunicazione wireless, il rilevamento dello stato del driver basato su EEG in condizioni di guida naturalistica è considerato promettente. Ad esempio, la sonnolenza dei conducenti professionisti è stata rilevata semplicemente indossando un berretto con un dispositivo di acquisizione EEG nelle miniere di carbone australiane. Un rilevamento dello stato altamente accurato e in tempo reale è necessario per affrontare i contesti di guida reali. Con il miglioramento della velocità di elaborazione e della potenza di calcolo dei computer, gli approcci di apprendimento automatico in un ambiente multimodale, in grado di estrarre completamente le complesse informazioni sui dati e le caratteristiche implicite raccolte in scenari non vincolati, sono considerati un ponte praticabile dalla ricerca all'uso pratico. Ad esempio, una classificazione basata sulle differenze di segnali fisiologici multimodali può riconoscere in modo efficiente le emozioni dei conducenti.

La guida automatizzata è considerata un mezzo efficace per evitare incidenti stradali causati da condizioni di guida scadenti. Limitati dallo sviluppo tecnologico e dall'istituzione legale, i veicoli autonomi rimarranno a lungo nella fase di co-guida uomo-macchina. L'attuale

sviluppo della guida automatizzata non considera l'impatto di cattivi stati di guida sul comportamento di guida ed è difficile ottenere una previsione accurata del comportamento di guida dei conducenti in diversi stati. Con l'aiuto di tecniche avanzate di algoritmi di apprendimento automatico (Tan et al., 2022), l'efficienza e la sicurezza del traffico stradale saranno notevolmente migliorate applicando le tecnologie di rilevamento dello stato basate sull'EEG all'uso pratico, come un sistema avanzato di assistenza alla guida controllato dal cervello o un sistema di guida automatizzato che incorpora il processo decisionale cognitivo e l'apprendimento del comportamento del cervello umano alla guida.

Per validare la fattibilità dell'utilizzo della tecnologia EEG nell'aria auricolare si è fatto riferimento agli studi recenti avvenuti da alcune aziende, in particolare quella di Vibre dove è stato svolto il tirocinio curricolare. Questa oltre a sviluppare gli algoritmi per l'analisi delle onde cerebrali ha l'obiettivo di sfruttare il potenziale di tali tecnologie abbattendo le barriere che le rendono di difficile utilizzo, rendere questi dispositivi EEG indossabili e autogestibili, attualmente vengono sviluppati per determinate nicchie di lavoratori o analisi e ricerche che ne necessitano le funzionalità. Di conseguenza possiamo dire che l'elettroencefalografia è il metodo di gran lunga più diffuso; esso consiste nella registrazione dei potenziali elettrici che rappresentano l'attività elettrica del cervello prodotta da popolazioni di neuroni sincronizzati temporalmente e allineati spazialmente. Nella pratica clinica, l'EEG è ampiamente utilizzato nelle indagini di disturbi e malattie neurologiche, per l'epilessia, per l'analisi dei pazienti in stato di minima coscienza, per la determinazione della morte cerebrale ecc...

Oltre il potenziale clinico, altre applicazioni esplorate nella ricerca e che sono incentrate sull'EEG includono le interfacce cervello-computer (Brain Computer Interfaces, BCIs), le quali si stanno diffondendo rapidamente, esplorando oltre il campo medico come la neuroprostetica anche altri campi come l'autenticazione, il neuromarketing e l'intrattenimento. Per altri campi di applicazione ad esempio basti pensare al carico cognitivo che subisce un chirurgo durante una lunga operazione oppure i piloti di formula uno, o semplicemente un'azienda sceglie di sfruttare questi dispositivi per comprendere le necessità dei propri dipendenti come capire le ore di lavoro adeguate per una giusta resa nella mansione, la necessità di pause ecc...

I recenti miglioramenti nell'elettronica a bassa potenza e nella tecnologia degli elettrodi a secco hanno portato a sistemi più piccoli e più centrati sull'utente. Tutto ciò ha permesso le registrazioni anche in ambienti non controllati e senza la necessità di personale tecnico addestrato (ad esempio, per il monitoraggio del sonno le registrazioni possono essere eseguite

a casa). Questo ha reso possibile la commercializzazione di dispositivi “neurali” per la massa (come ad esempio l’Interaxon Muse⁷² o l’Emotiv Epoc⁷³).

Affinché i dispositivi basati sull’elettroencefalogramma siano adottati su ampia scala e per consentire il monitoraggio a lungo termine, la tecnologia di registrazione dovrebbe essere:

- Discreta: ovvero un sistema indossabile non dovrebbe essere chiaramente visibile, anche se ciò comporta un costo in termini di prestazioni.
- Confortevole: il dispositivo deve essere comodo da indossare in modo da non impedirne l'utilizzo.
- User-friendly: gli utenti dovrebbero essere in grado di collegare e utilizzare i dispositivi stessi senza l’aiuto di un tecnico specializzato
- Robusta: in grado di acquisire segnali EEG di buona qualità in condizioni di vita quotidiana

Tali requisiti possono essere soddisfatti da una tecnologia che rappresenta una soluzione radicalmente nuova per la registrazione dei segnali cerebrali: l’in-ear EEG. Affinché i dispositivi basati sull’elettroencefalogramma siano adottati su ampia scala e per consentire il monitoraggio a lungo termine, la tecnologia di registrazione dovrebbe essere:

- Discreta: ovvero un sistema indossabile non dovrebbe essere chiaramente visibile, anche se ciò comporta un costo in termini di prestazioni.
- Confortevole: il dispositivo deve essere comodo da indossare in modo da non impedirne l'utilizzo.
- User-friendly: gli utenti dovrebbero essere in grado di collegare e utilizzare i dispositivi stessi senza l’aiuto di un tecnico specializzato
- Robusta: in grado di acquisire segnali EEG di buona qualità in condizioni di vita quotidiana

Tali requisiti possono essere soddisfatti da una tecnologia che rappresenta una soluzione radicalmente nuova per la registrazione dei segnali cerebrali: l’in-ear EEG.

Il mercato dei dispositivi indossabili è in rapida espansione ed è guidato da un crescente interesse per il monitoraggio fisiologico dell'utente in tempo reale. L’azienda con l’ultima pubblicazione ha descritto e validato un montaggio in-ear in grado di acquisire l’attività

⁷² InteraXon, «Muse,». Available: <https://choosemuse.com/>.

⁷³ «Emotiv,». Available: <https://www.emotiv.com/epoc/>.

“spontanea” del cervello con il minor numero di elettrodi possibile e attraverso la tecnologia open source OpenBCI⁷⁴ al fine di evidenziare il più basilare “entry point” funzionante per successivi prototipi aziendali, ponendo le basi per un futuro dispositivo in-ear EEG poco costoso, leggero, facilmente accessibile e che apra le porte ad applicazioni più scalabili.

Tra i dispositivi in-ear EEG quelli d’interesse per questa tesi sono quelli che occupano l’area intorno all’orecchio, nella figura – è mostrato il cEEGgrid costituito da array di sensori (~ 10 elettrodi) stampati su un supporto flessibile, che viene posizionato intorno all’orecchio mediante un adesivo. Quindi osserviamo questo concetto di EEG trasparente come nuovo approccio da acquisire

dati elettrofisiologici con il minimo disagio per la persona che viene monitorata e mostrare come questo può essere implementato utilizzando l'EEG dell'orecchio.

Il termine EEG mobile è stato utilizzato per descrivere lo studio dei segnali cerebrali derivati dall'EEG durante il movimento⁷⁵. Il ruolo del sistema motorio è stato riconosciuto nella ricerca in neuroscienze cognitive: cognizione motoria, per esempio, afferma che l'elaborazione cognitiva è incorporata

azioni e che il sistema motorio contribuisce alle attività cognitive elaborazionali (Jeannerod, 2008). I processi cognitivi sono diversi tra condizioni di riposo e di movimento (es. visione per azione vs.

visione per il riconoscimento, Goodale et al., 1991, o l'interferenza dello sforzo cognitivo e della stabilità dell'andatura, Al-Yahya et al., 2011) e il sistema motorio interagisce anche strettamente con l'elaborazione sensoriale (Schafer e Marcus, 1973). Di conseguenza la validità ecologica della ricerca sulle neuroscienze cognitive dipende in misura significativa sulla capacità di studiare il cervello durante il movimento naturale (Ladouce et al., 2017). Anche un movimento impercettibile, tuttavia, può distorcere la qualità del segnale. Questo inconveniente ha portato a procedure di laboratorio che mirano a situazioni di registrazione altamente artificiali e con movimento ridotto al minimo.

Tuttavia, tutto il comportamento, compreso il discorso, è espresso come movimento di (parti) del corpo umano. Pertanto, per studiare la cognizione durante il movimento appare vantaggiosa la disponibilità di una tecnologia che tollera il movimento. A questo proposito,

⁷⁴ «OpenBCI,» [Online]. Available: <https://openbci.com/>. [Consultato il giorno 2020].

⁷⁵ De Vos et al., 2014; Gramann, 2014

l'EEG ha un chiaro vantaggio poiché può essere reso portatile e ha una maggiore tolleranza al movimento. Diversi sviluppi come elettrodi attivi o schermati (Metting van Rijn et al., 1990) e nuovi sensori tecnologia (Cömert e Hyttinen, 2015; Goverdovsky et al., 2015) può aumentare ulteriormente il grado di tolleranza al movimento.

Qui, ci riferiamo all'EEG mobile come a una tecnologia che non richiede all'utente di rimanere fermo. I sistemi EEG mobili dovrebbero tollerare almeno un modesto grado di movimento durante l'acquisizione del segnale, come la camminata libera a ritmo di svago (ad es. Debener et al., 2012). Non tutte le soluzioni EEG mobili che tollerano il movimento dell'utente sono mobili, nel senso che possono essere facilmente riposizionate. In effetti, la ricerca sull'EEG mobile spesso combina l'acquisizione dell'EEG con il rilevamento del movimento e altre modalità di registrazione (Ojeda

et al., 2014), il che si traduce in configurazioni di registrazione altamente complesse ma stazionarie. Ciò significa che le configurazioni per l'EEG mobile non sono necessariamente portatili.

I sistemi amplificatore-sensore EEG sviluppati più di recente sono abbastanza piccoli da stare nella tasca dei pantaloni. Ci riferiamo a questi piccoli sistemi EEG che possono essere facilmente trasportati come EEG portatili.

È interessante notare che alcuni sistemi EEG portatili non richiedono nemmeno un computer, poiché le registrazioni possono essere archivate sul dispositivo o trasmesse in modalità wireless a uno smartphone. In sintesi, un EEG trasparente è una soluzione EEG conveniente che permette di registrare segnali cerebrali rilevanti per un particolare applicazione con il minimo disturbo per gli utenti, installazione breve tempo e lunghi tempi di registrazione. Non esiste un modo esclusivo su come implementare un EEG trasparente, ma la miniaturizzazione dell'hardware e il posizionamento del sensore comodo e discreto sono fondamentali. Di conseguenza, l'EEG trasparente ha il potenziale per estendere l'uso dell'EEG a un'ampia varietà di applicazioni e situazioni che non sono facilmente accessibili con le soluzioni EEG classiche. Del resto nella pubblicazione si sostiene che l'EEG auricolare è un approccio promettente per implementare l'EEG trasparente e discutere il nostro approccio al sensore EEG dell'orecchio utilizzando la tecnologia cEEGrid. Mirando all'EEG trasparente, è stato riscontrato che è possibile ottenere una buona qualità del segnale e un comfort d'uso degli elettrodi EEG miniaturizzati (Nikulin et al., 2010). vale quindi la pena considerare le posizioni intorno all'orecchio come intermediario tra l'EEG del cuoio capelluto e l'EEG

intraauricolare. Per questo articolo definiamo i sistemi orecchio-EEG come dispositivi che posizionano tutti i sensori EEG necessari (cioè, elettrodo di registrazione, massa e riferimento) nel condotto uditivo esterno, nella conca o nell'area intorno all'orecchio.

Confrontando direttamente i segnali EEG del cuoio capelluto ed EEG dell'orecchio acquisiti simultaneamente, diversi laboratori indipendenti hanno dimostrato che l'EEG dell'orecchio può catturare segnali cerebrali strettamente correlati a quelli registrati con l'EEG del cuoio capelluto (Mikkelsen et al., 2015; Mirkovic et al., 2015 ; Bleichner et al., 2016; Zibrandtsen et al., 2016). Contrariamente al classico cappuccio EEG, i sensori EEG auricolari possono essere indossati comodamente e non sono più evidenti degli apparecchi acustici o delle cuffie (in-ear). I sensori Ear-EEG interferiscono molto meno con il comportamento normale di un partecipante e possono essere indossati per molte ore mantenendo una buona qualità del segnale. Figura 7.12



Figura 7.12 Prototipo funzionante di EAR-EEG con cEEGrids.

Successivamente sono stati selezionati due casi studio attualmente in commercio che sfruttano le tecnologie EEG. Il primo Nūrio un innovativo dispositivo indossabile EEG chiamato nūrio

è stato selezionato nel 2019 da Protolabs come l'ultimo vincitore del Cool Idea Award per l'innovazione nella tecnologia di consumo. Il gadget, sviluppato da nūrio, è il dispositivo EEG indossabile più piccolo al mondo e offre agli utenti la capacità di visualizzare l'attività mentale tramite l'app corrispondente e controllare i dispositivi IoT utilizzando le onde cerebrali. Utilizza algoritmi di intelligenza artificiale che consentono agli utenti di trasformare i pensieri in comandi per controllare le cose, come i dispositivi IoT collegati al cloud nūrio. L'architettura proprietaria consente alle interfacce cervello-computer di controllare la maggior parte dei dispositivi con connessione Internet.

Nūrio è il dispositivo EEG indossabile più piccolo al mondo (Figura 7.13). Si infila semplicemente nell'orecchio come una cuffia e offre ai consumatori funzionalità di comando basate su app e cloud, paragonabili ad Alexa Skills, ma solo con le loro onde cerebrali, senza comandi vocali. Secondo gli sviluppatori, Nūrio trasmette i dati raccolti dall'attività mentale degli utenti tramite Bluetooth a qualsiasi smartphone, consentendo ai consumatori di visualizzare le proprie capacità intellettuali e ottenere informazioni sulla salute sull'app mobile nūrio. I dati del dispositivo vengono elaborati istantaneamente con l'app nūrio (Figura 7.14), trasformandosi in metriche di streaming sulla salute/stato mentale di un utente come attenzione, calma e livelli emotivi. Tutte le metriche sono derivate da dati EEG grezzi utilizzando algoritmi interni basati su anni di studi di ricerca neuroscientifica. L'app può registrare le sessioni di metriche che gli utenti possono utilizzare per rappresentare graficamente le intuizioni dell'attenzione durante qualsiasi attività focalizzata, calma durante la meditazione o emozioni durante qualsiasi tipo di performance o esperienza. Infine, nūrio utilizza l'apprendimento automatico per sviluppare linee di base degli stati mentali degli utenti per avvisarli dei cambiamenti nel tempo.

"Miriamo a fornire al mondo l'accesso ai loro dati mentali per aiutare a comprendere meglio la mente precedentemente misteriosa", ha affermato Ian Rowan, fondatore e CEO di nūrio. "Stiamo entrando in una nuova era in cui si sfrutta la mente per controllare il mondo connesso, indipendentemente dalle capacità fisiche di una persona".

L'altro componente principale del dispositivo nūrio è la capacità di controllare i dispositivi connessi a Internet con la mente. Gli utenti possono aggiungere dispositivi IoT compatibili al proprio profilo, registrare circa un minuto di pensieri basati su quell'oggetto e lasciare che siano i potenti algoritmi di intelligenza artificiale a elaborare le loro onde future in comandi

utilizzabili. Dopo la configurazione, l'utente può semplicemente lampeggiare due volte per attivare il dispositivo per iniziare a registrare un pensiero, quindi inviato ai server nūrio che elaborano l'onda grezza nel dispositivo dell'utente e, infine, il dispositivo viene attivato e all'utente viene richiesto di confermare un comando con un lampeggio in base alla configurazione. Tutto questo avviene in genere in meno di due secondi. Protolabs ha anche aiutato a produrre l'intero involucro in plastica del dispositivo nūrio con stampaggio a iniezione. In futuro, nūrio lavorerà anche con Protolabs per produrre i propri elettrodi essenziali tramite lavorazione CNC una volta completato il progetto.

"La tecnologia di Nūrio ha il potenziale per ridefinire completamente il sé quantificato e persino attingere a capacità umane che prima sembravano impossibili", ha affermato Vicki Holt, Presidente e CEO di Protolabs. "Siamo orgogliosi di supportare tali innovatori che stanno dando alle persone la capacità di sfruttare la loro potenza cerebrale in modi nuovi e utili".



Figura 7.13 Rappresentativa del dispositivo EEG Nūrio.



Figura 7.14 Interfaccia applicazione di Nūrio.

Il secondo, EMOTIV MN8 è un auricolare stereo Bluetooth primo nel suo genere con auricolari EEG a 2 canali integrati. Il suo scopo è aiutare a misurare e analizzare i cambiamenti nei livelli di stress e attenzione dei dipendenti, utilizzando EEG e gli algoritmi di apprendimento automatico proprietari di EMOTIV. Inoltre fornisce un feedback di facile comprensione sul livello di stress e distrazione per informare del benessere, la sicurezza e la produttività sul posto di lavoro. Si configura in pochi minuti ed è utilizzabile per un massimo di 6 ore, con audio e microfono integrati, il set di funzioni multiuso di MN8 si adatta perfettamente a qualsiasi routine quotidiana. MN8 è stato progettato per essere discreto, facile da usare e comodo da indossare tutto il giorno (Figura 7.15).



Figura 7.15 Immagine rappresentativa del dispositivo Emotiv MN8.

Questi casi studio sono stati selezionati per dimostrare come la tecnologia EEG ad oggi sia sfruttabile in piccoli dispositivi portatili concedendoci la possibilità di ampio utilizzo anche nel settore della guida.

7.3 Conduzione ossea

La nuova frontiera per ascoltare la musica è la conduzione ossea in quanto il suono non si trasmette solamente attraverso il timpano, è possibile utilizzare anche le ossa della mandibola e della mascella, questa è uno dei motivi per cui la voce di una persona ha un suono diverso rispetto a quando è registrata e riprodotta da un dispositivo. Poiché il cranio trasmette basse frequenze meglio dell'aria, si tende a percepire la propria voce più bassa e intensa di quanto facciano gli altri, e per lo stesso motivo la registrazione della propria voce ha un suono più alto di quello che si è abituati a sentire. Siamo abituati a utilizzare le cuffie (in-ear, on-ear o over-ear) in qualsiasi situazione, per rilassarci sul divano e sentire i nostri cantanti preferiti e le utilizziamo anche a lavoro per ascoltare la musica senza disturbare i colleghi o per le chiamate su Skype.

Il futuro delle cuffie, però, sarà completamente differente. Entreranno in gioco nuovi modelli di auricolari tra cui la conduzione ossea. Il sistema uditivo non è formato solamente dal

timpano, anche le ossa della mandibola e della mascella propagano il suono. Infatti, l'uomo ascolta la propria voce grazie proprio alle ossa presenti sul viso. Nessuno ha mai utilizzato la capacità delle ossa del viso di condurre il suono per ascoltare la musica o i film dal computer e dallo smartphone. Da qualche anno, però, le cose sono cambiate e alcune aziende stanno producendo delle cuffie a conduzione ossea.

Le cuffie a conduzione ossea sono degli auricolari che non utilizzano il timpano per propagare il suono, ma le ossa della mascella e della mandibola. Già nel XIX secolo Beethoven aveva intuito la capacità delle ossa del viso di condurre il suono: soffrendo di ipoacusia (una malattia che porta a una sordità completa), aveva legato un'asta alle corde del pianoforte e la stringeva tra i denti. Grazie a questo stratagemma riusciva ad ascoltare il suono prodotto dallo strumento musicale. Anche le balene riescono a captare gli ultrasuoni attraverso le ossa della mandibola. Quindi non è una caratteristica solo degli umani.

Il funzionamento delle cuffie a conduzione ossea è completamente differente rispetto a quello dei normali auricolari che utilizziamo durante la vita di tutti i giorni. Invece di essere inserite all'interno del canale uditivo o appoggiate sopra al padiglione dell'orecchio, le cuffie a conduzione ossea vanno poggiate nel punto di congiunzione tra la mascella e la mandibola. I suoni bypassano il timpano e arrivano direttamente al canale uditivo medio, per poi raggiungere la chiocciola, la parte più interna dell'orecchio.

Sebbene ancora non siano molto diffuse, le cuffie a conduzione ossea presentano diversi vantaggi rispetto alle normali cuffie. Ad esempio, permettono alle persone di ascoltare anche quello che succede intorno. Quando si fa attività fisica e si sta ascoltando la musica con un paio di cuffie in-ear (quelle che si mettono all'interno del padiglione auricolare), difficilmente si riesce ad ascoltare i suoni provenienti dall'esterno. Inoltre, le cuffie a conduzione ossea, utilizzando le ossa della mascella e della mandibola mettono al sicuro il timpano, evitando le lesioni causate dal suono troppo alto.

Questi vantaggi sono la ragione della selezione della tecnologia per lo sviluppo del progetto, mentre come caso studio è stata considerata l'azienda SHOKZ che produce auricolari a conduzione ossea per ogni necessità dagli sport fino al lavoro in ufficio.

Per stimolare la reazione cerebrale a livello fisiologico, è stato dimostrato che i suoni regolano le secrezioni ormonali, la respirazione, il battito cardiaco e persino le onde cerebrali. Il nostro meccanismo di autoregolazione, infatti, fa in modo di armonizzare l'intero organismo con ciò che viene percepito dall'udito. Un suono rilassante è in grado di diminuire la frequenza

cardiaca, rendere il respiro meno affannoso, abbassare la temperatura corporea e stimolare il rilascio di endorfine. Per i suoni concitati e forti – un trapano o un allarme in azione – vale, invece, il discorso opposto: il battito cardiaco accelera, il respiro diventa affannoso e tendiamo ad agitarci più facilmente.

Non è una novità che i suoni possono influenzare in modo immediato anche le nostre azioni. Nell'essere umano si attivano meccanismi di condizionamento, per cui al percepire di un determinato suono si associa una sensazione positiva o negativa. Le voci del proprio capo e del proprio partner suscitano reazioni fisiologiche ed emozioni del tutto differenti in noi. Solitamente, l'essere umano si rilassa e si rasserena quando sente il canto degli uccelli, mentre si blocca o tende ad allontanarsi quando sente un rumore forte e improvviso. La reazione "attacco-fuga" che segue i suoni forti appartiene alla nostra storia evolutiva e aiuta l'organismo a reagire a una minaccia percepita.

Sulla base di questi dati, specialisti di diverse discipline, tra cui psicologi ed esperti di neuromarketing, hanno cominciato a studiare l'associazione tra determinati suoni e i comportamenti di consumo delle persone. Ad esempio, l'ascolto di brani orecchiabili capaci di creare un'atmosfera positiva aumenta il tempo di permanenza in negozio e favorisce la propensione all'acquisto.

L'associazione suono-psiche è talmente articolata da essere oggetto di un'apposita disciplina, detta psicoacustica, una branca della psicologia che studia la percezione soggettiva dei suoni negli esseri umani. L'esempio più evidente è rappresentato dalla musica: ognuno di noi ha una serie di "canzoni del cuore", che hanno il potere di evocare il passato e di richiamare alla mente sensazioni e ricordi anche lontanissimi. I brani musicali basati su tonalità "maggiori" stimolano in noi energia o allegria, mentre brani in tonalità minori ci rendono più riflessivi.

A livello cognitivo, suoni e musica sono in grado di migliorare le capacità attentive e la concentrazione, stimolare l'attenzione e favorire la creatività. Questi effetti positivi, dovuti al rilascio di dopamina, si verificano se la nostra mente riceve uno stimolo sonoro alla volta. Se, invece, gli stimoli sonori sono troppi, il nostro sistema cognitivo deve estrapolare dall'insieme quello di suo interesse e le prestazioni in termini di attenzione e concentrazione calano inevitabilmente. Infatti, facciamo fatica a studiare in ambienti caotici o abbiamo difficoltà ad ascoltare due persone che parlano contemporaneamente.

Vi sono suoni definiti ASMR⁷⁶ che ci aiutano a capire le potenzialità dell'audio e gli effetti sul cervello, vengono realizzati con microfoni binaurali, ovvero che riproducono la tridimensionalità del suono percepita dalle due orecchie. I suoni binaurali sono delle particolari frequenze di suoni e musica che stimolano all'ascolto e che andrebbero a influenzare la nostra mente favorendo la concentrazione, il rilassamento e l'apprendimento i toni binaurali vengono "pulsati" a diverse frequenze: quando ascoltiamo due suoni caratterizzati da una pulsazione diversa tra loro, il cervello umano cerca di compensare tale differenza modificando la frequenza cerebrale. Questa frequenza è differente a seconda delle attività che svolgiamo ed è caratterizzata dall'attività elettrica che i neuroni riproducono nel cervello. Su queste basi il progetto vuole dare importanza alla scelta dei suoni per la comunicazione con il conducente.

7.4 Casi Studio

Sono stati selezionati tre casi studio per dimostrare come alcuni oggetti che prima svolgevano solo dei compiti primari sono stati implementati con le nuove tecnologie per nuovi utilizzi, questo ci fa comprendere anche quello che è un approccio positivo del mercato a queste nuove funzionalità che incuriosiscono gli acquirenti.

Il primo dal fondatore di Tinder Sean Rad ha sviluppato Happy Ring è orientato alla salute mentale di chi lo indossa e aggiunge una serie di nuovi sensori per cercare di offrire informazioni più accurate sul suo benessere emotivo. Happy Ring è dotato di un sensore biometrico EDA⁷⁷ che analizza la traspirazione della pelle per monitorare le risposte allo stress e l'attività del sistema nervoso simpatico. Si tratta dello stesso sensore presente sugli smartwatch Fitbit Sense e Fitbit Charge 5 solo che in questo caso il monitoraggio è continuo e non occasionale. Essendo sempre indossato lo smart ring offre letture EDA continue e promette analisi in tempo reale dello stress e dell'umore, inoltre il sensore EDA vanta anche 4 elettrodi cutanei, 4 lunghezze d'onda della luce, rilevamento del movimento su 3 assi e 2 sensori di temperatura per il monitoraggio del cervello e del corpo 24 ore su 24, 7 giorni su 7.

⁷⁶ASMR, Autonomous Sensory Meridian Response

⁷⁷ EDA, sensore biometrico Elettrodermico

L'azienda afferma che Happy Ring utilizza sia i sensori biometrici che l'intelligenza artificiale adattiva per acquisire segnali cerebrali dal sistema nervoso periferico, inoltre promette che il monitoraggio del sonno è il migliore della categoria, il tutto supportato dal monitoraggio della frequenza cardiaca, con sessioni per la respirazione guidata e journaling integrati. La sfida di Happy Ring non è solo identificare i sintomi psicologici e fisiologici, come il sonno di scarsa qualità o alti livelli di stress, ma anche aiutare chi indossa a intraprendere delle misure adeguate per migliorare il proprio benessere.

Il secondo Ray Ban Stories sono dotati di fotocamera e sistema audio, gli occhiali da vista e occhiali da sole smart sono il connubio tra la tecnologia Meta e lo stile iconico di Ray-Ban (Figura 7.16). Con gli occhiali Ray-Ban X Meta si possono scattare foto, fare video, ascoltare musica, ricevere chiamate e condividere i tuoi contenuti direttamente sui social. Gli occhiali Ray-Ban hi-tech sono stati proposti in 3 modelli e 20 combinazioni di colori per lenti e montature. Questi occhiali dispongono di una doppia fotocamera da 5MP per permettere di scattare foto e registrare video senza l'utilizzo delle mani grazie alla regolazione automatica della luce e alla profondità fotografica stereoscopica, catturando da una prospettiva in prima persona e creando contenuti di qualità elevata. Per il controllo basterà un solo tocco con il touchpad iper-reattivo e il pulsante di acquisizione per mettere in pausa la tua canzone, scattare una foto o registrare un video. Sono integrati 3 microfoni che catturano il suono in tutte le direzioni per ottenere una qualità vocale e audio ad alto livello per chiamate e video, anche gli altoparlanti sono discreti. Video e foto vengono caricati sull'applicazione dedicata. Questo è uno degli esempi di come le tecnologie si stanno integrando per creare nuove necessità in quelli che prima erano solo degli oggetti di correzione.



Figura 7.16 Immagine rappresentativa degli occhiali Ray-Ban Smart hi-tech.

Il terzo Lenovo Smartglass ThinkReality A3 questi occhiali per realtà aumentata (AR) creano uno spazio di lavoro personale ampliato e personalizzato ovunque. L'idea è quella di ottenere l'esperienza portatile di un grande schermo per film, programmi TV, giochi o lavoro, gli occhiali permettono di proiettare un grande secondo schermo sopra il tuo laptop mentre lavori in un bar. Con un peso di 130 g / 0,3 libbre, questi occhiali sono comodi e leggeri. E sono stati progettati per una modularità senza attrezzi, con naselli semplici ma sicuri ed estensioni del corno dell'orecchio che consentono di personalizzare la vestibilità. ThinkReality A3 si adatta anche a diversi casi d'uso, in base a ciò che desideri visualizzare. Le lenti di sicurezza di ThinkReality A3 offrono protezione per gli occhi conforme agli standard (ANSI) Z87.1. Sostituisci la montatura anteriore e le lenti e scegli i livelli di tinta e la schermatura laterale appropriati, pur mantenendo un'ergonomia ottimale. Puoi anche utilizzare lenti graduate montate sul nasello per un unico assemblaggio, quindi rimuoverle facilmente se qualcun altro utilizza lo stesso A3 (Figura 7.17).



Figura 7.17 Immagine rappresentativa dell'utilizzo degli occhiali Lenovo Smartglass ThinkReality A3.

7.5 On-Board Diagnostic (OBD)

Considerando il target molto giovanile e di conseguenza la poca disponibilità economica per l'acquisto di auto particolarmente tecnologiche, si è evitata la necessità di rendere facilmente accessibile il progetto, col fine che si divulghi il più possibile vista l'importanza del tema. Di conseguenza è stato scelto l'utilizzo dell'OBD è l'acronimo di On-Board Diagnostic. È il sistema standardizzato che consente ad un dispositivo elettronico esterno di interfacciarsi con il sistema informatico di un'auto. Con l'evoluzione delle auto è diventato sempre più importante perché le automobili sono diventate sempre più informatizzate e il software è diventato la chiave per risolvere molti problemi o modificare le prestazioni. I primi sistemi diagnostici di bordo erano di proprietà di diverse case automobilistiche. Nel 1991, la California richiese alle nuove auto di avere una sorta di sistema OBD. Diversi produttori hanno utilizzato sistemi diversi. Questi oggi sono solitamente indicati come sistemi OBD1 (OBD I).

Nel 1996, il governo degli Stati Uniti ha reso obbligatorio un sistema standardizzato per le nuove auto. Questo sistema è stato chiamato OBD2 o OBD-II. Dopo il 1996 tutti i veicoli utilizzano lo stesso sistema, con lo stesso connettore, con gli stessi codici diagnostici, da leggere con lo stesso strumento. Ciò semplifica la diagnosi dei problemi dell'auto in modo standardizzato. Ogni auto recente, quindi, possiede una porta OBD2, solitamente situata sotto il cruscotto sul lato del guidatore, che consente di collegare un dispositivo esterno alla centralina elettronica dell'auto. Lo scopo principale dell'OBD è la diagnostica, quando i sensori di un'auto segnalano che qualcosa non va, attivano un messaggio noto come "codice di errore", che può manifestarsi come una spia "motore di controllo" o un altro avviso sul cruscotto. Gli scanner o lettori OBD possono controllare questi codici di errore per determinare esattamente cosa c'è che non va e cancellarli dalla memoria del computer una volta risolto il problema.

Solitamente questi sistemi vengono utilizzati con un adattatore Bluetooth di base attraverso il quale è possibile connettersi a app come Dash (Android / iOS) e Torque (Android). I sistemi OBD-II più costosi dell'intero pacchetto come Automatico (\$ 80 per Lite, \$ 130 per Pro, Android / iOS) sono dotati di adattatori che si collegano alle reti 3G, includono GPS e funzionalità di risparmio energetico, oltre alla propria app. A seconda dell'adattatore che ottieni, puoi svolgere diverse funzioni tra cui:

Conoscere quanto spendi in carburante/gas per i tuoi viaggi; Diagnostica le spie del tuo motore di controllo. App come Dash e Torque possono darti un codice di errore più specifico. A volte l'app può dirti esattamente cosa significa la segnalazione così da farti intervenire in modo proporzionato alla gravità del problema. Ricevere aiuto dai servizi di emergenza. Questo adattatore può rilevare quando sei stato in un grave incidente automobilistico. Un operatore chiamerà il tuo telefono e chiederà se hai bisogno di assistenza. Se dici di sì (o se non rispondi), chiameranno i servizi di emergenza per te e li invieranno alla tua posizione, che può vedere anche Automatic. I loro operatori rimarranno al telefono con te fino all'arrivo dei servizi di emergenza; Collegarsi a IFTTT⁷⁸, Alexa e altre app intelligenti. Puoi accoppiarli con l'host di altri gadget per la casa intelligente tramite IFTTT. Ci sono canali IFTTT sia per Dash che per Automatic che ti permettono di controllare le spie del motore, accendere le luci quando arrivi a casa (o spegnerle quando esci). Automatic può anche connettersi ad Alexa in modo da poter chiedere dove è la tua auto o se hai bisogno di fare rifornimento di gas.

Apriamo un piccolo paragrafo sugli IFTTT per comprendere le potenzialità degli OBD. L'IFTTT è un servizio pratico e gratuito che, collegando diversi servizi esterni, permette di automatizzare le nostre azioni quotidiane, dalle più semplici a quelle più complesse. Si tratta di un prodotto fruibile sia come sito web che come applicazione per dispositivi iOS o Android. Per spiegare il funzionamento viene proposto un esempio, quello di voler fare in modo che le tue foto Instagram siano automaticamente salvate in Dropbox ogni volta che ne pubblichi una. IFTTT: attraverso un'apposita *recipe* (ricetta) o meglio applet, si può collegare e far dialogare tra loro Instagram e Dropbox e far sì che 'lavorino' insieme e in maniera automatica. La ricetta, dunque, sarà così costruita: "Se posto una foto su Instagram (account X), allora salvala su Dropbox (account Y)". L'applet, o recipe, è quindi una sorta di combinazione di eventi che si basa su due diversi servizi, dispositivi o piattaforme, denominati services, i partner di IFTTT. Il primo service sarà il cosiddetto trigger (Instagram nel nostro esempio precedente), l'elemento che scatena il secondo evento, l'action, possibile solo grazie al secondo service (Dropbox, nel nostro caso). Si può scegliere o creare la combinazione, laddove i servizi che determinano gli eventi che ti interessano sono disponibili, oppure, puoi semplicemente riciclare un applet dalla biblioteca di IFTTT. Infatti IFTTT rappresenta un ecosistema aperto, condiviso e con un ottimo potenziale.

⁷⁸ IFTTT sta per "If This Then That"

7.6 Questionario (parte 2)

Osserviamo la percezione dell'utente in merito alle tecnologie ADAS che saranno obbligatorie dal 2024, il 71% ha utilizzato almeno una volta questi sistemi contro circa il 29% che non gli ha mai usati, pare che ci sia una prospettiva positiva inerente ai dispositivi, il 47,6% li trova utili e il 38,1% indispensabili mentre la restante parte li trova superflui. Figure 7.18, 7.19.

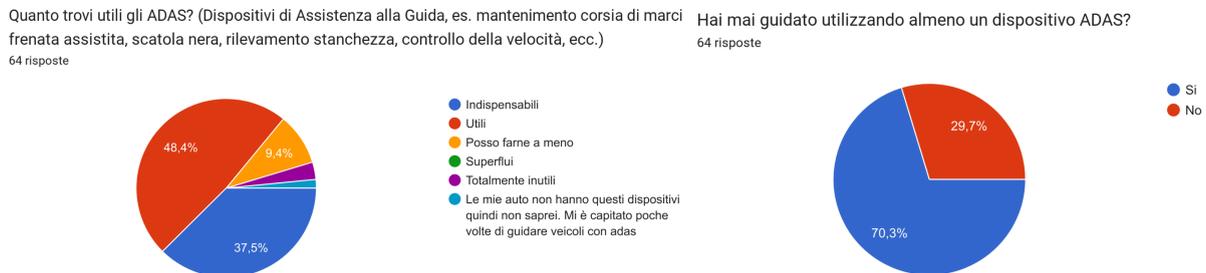


Figure 7.18, 7.19 Grafici sul parere e utilizzo degli ADAS da parte degli utenti.

Ma nonostante questi ultimi dati positivi riportati si evince che il loro funzionamento, per quanto siano funzionali, non sempre sono efficienti infatti solo il 30% afferma di non aver mai riscontrato problemi ed è una percentuale troppo bassa. Questo avviene perché le tecnologie non riescono da solo a contestualizzare la situazione ma si affidano solo ad operare in un range di valori. Questa percezione è molto negativa per l'utente in quanto lo porta alla perdita di fiducia, dando per scontato che sbaglieranno. Figura 7.20.

Questi dispositivi hanno sempre segnalato pericoli effettivi di cui non eri al corrente?

64 risposte

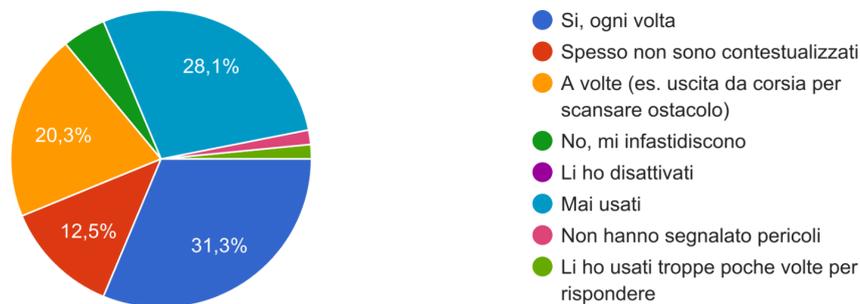


Figura 7.20 Grafico sul parere dell'efficienza degli ADAS.

Osserviamo cosa pensa l'utente dell'obbligo degli ADAS dal 2024, ben il 66,7% ritiene che sia un bene per guidare più in sicurezza e il 46% afferma che limiteranno gli incidenti stradali e il 30,2% si fida dello sviluppo mentre c'è circa un 23% che hanno timore che questi possano provocare più incidenti o in diverse forme, limitare la guida o che comportino un calo di attenzione. Questo è dovuto a una mancanza di informazioni inerenti agli ADAS le persone di conseguenza creano aspettative troppo alte o troppo basse che influenzano quello che sarà l'utilizzo futuro una volta approciate le tecnologie. Non si può dare per scontato che gli utenti attraverso "un'imposizione" si appropriino di queste tecnologie senza cercare un approccio di inserimento per farne comprendere non solo l'importanza ma anche il funzionamento. Figura 7.21

Tra qualche anno alcuni dispositivi ADAS diventeranno obbligatori, cosa ne pensi? (più opzioni)

64 risposte

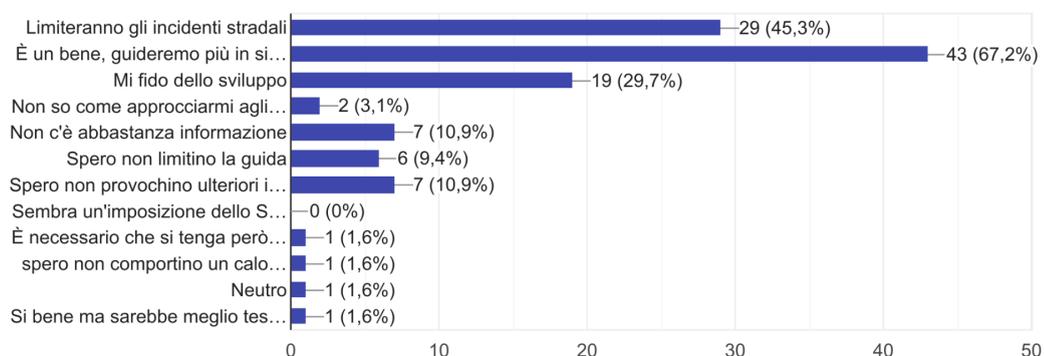


Figura 7.21 Grafico sul parere dell'utente riguardo l'obbligo ADAS.

Di seguito le domande inerenti alle scelte progettuali, al fine di verificare l'opinione dell'utente su un possibile utilizzo di un device da indossare per una guida più sicura e una facile interazione con il veicolo, con piacere ho riscontrato che il 38,1% è disposto a indossarlo e il 44,4% lo proverebbe mentre il 12,7% è incerto e solo il 4,8% non lo indosserebbe. La maggior parte degli utenti è incuriosita dai device tecnologici e se questi svolgono correttamente la loro funzione con efficacia non possono non avere un riscontro positivo nell'utilizzo. Figura 7.22.

Saresti disposto a indossare un device (dispositivo elettronico) che ti garantisce una guida più sicura e una facile interazione con il veicolo?

64 risposte

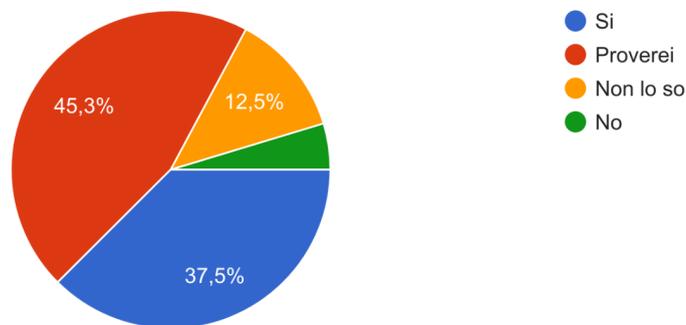


Figura 7.22 Grafico sul parere degli intervistati sulla possibilità di indossare un device per la guida sicura.

Le motivazioni per le quali invece questo device non verrebbe indossato sono di carattere estetico, giustamente si ha timore dell'invasività del dispositivo, mentre c'è chi non vuole indossare device aggiuntivi a quelli che già indossa come lo smartwatch e chi non si fida di questi dispositivi. Il progetto terrà conto delle risposte cercando di rendere il device esteticamente gradevole e che rispecchi il carattere e la mission del progetto, inoltre si cercherà di comunicarlo in modo trasmettere sicurezza anche attraverso l'informazione in modo che l'utente possa valutare in modo più oggettivo. Figura 7.23.

Se NO, perchè non lo faresti?

5 risposte

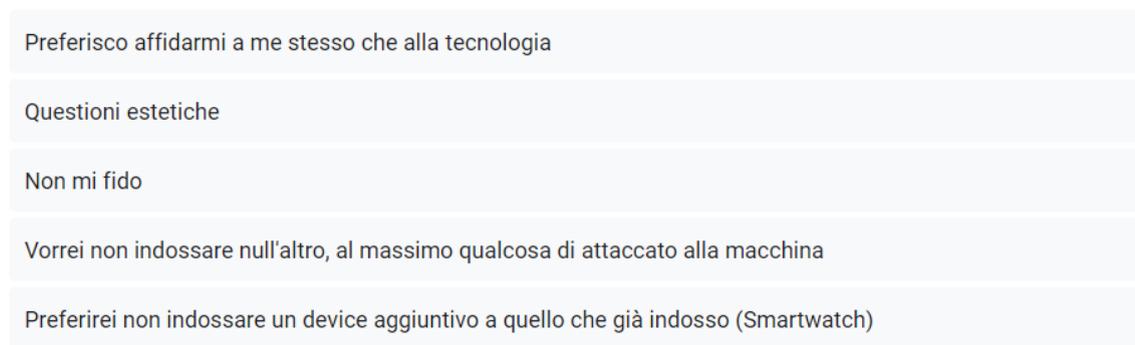


Figura 7.23 Risposte degli utenti che non sono disposti a indossare un device.

Ho voluto chiedere quale forma di device fosse di maggior gradimento sotto la visione di un utilizzo costante nel futuro, proponendo uno dei device che ha il maggior successo attualmente sul mercato ovvero l'auricolare che ha riscontrato la maggior preferenza con il 44,4% dei voti, mentre il secondo device proposto sono gli occhiali smart con il 42,9% dei voti si stacca di poco dagli auricolari perchè sono oggetti di uso quotidiano che l'utente è abituato a interfacciarsi. Solo il 3,2% non indosserebbe alcun device e in fine sono stati aggiunti dei suggerimenti come un bracciale che non è considerabile perchè l'eeg non funzionerebbe e carpire altri dati sarebbe inutile e nel caso si volesse fare gli integrerei al veicolo, lo stesso vale per la spilla, il bracciale proposti. Inoltre viene suggerito di integrare un dispositivo nell'auto, questo è possibile togliendo l'utilizzo degli eeg che garantisco un 90% di affidabilità e sostituendolo con tecnologie esterne come eye tracking ma riducendo al 60% l'affidabilità. Figura 7.24.

Quale device indossereesti più facilmente mentre guidi?

64 risposte

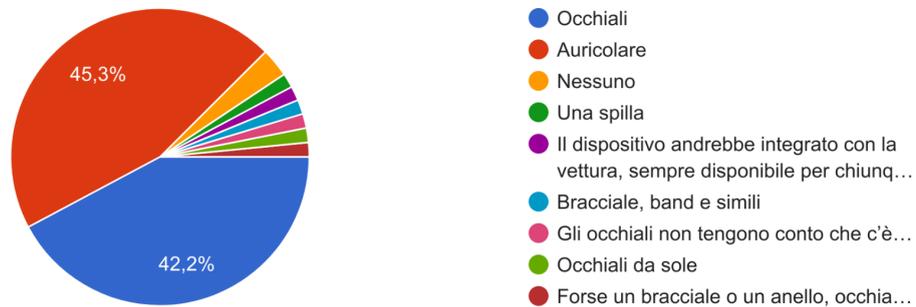


Figura 7.24 Grafico sulle preferenze dell'utente riguardo la tipologia di device da indossare.

Al comunicare del possibile utilizzo degli EEG per un device alla guida ho potuto constatare che gli utenti non si sono intimoriti e sono state ottenute le stesse percentuali del quesito dove gli veniva chiesto se fossero stati disposti a indossare un device tecnologico ovvero il 38,1% ha selezionato sì e il 44,4% proverebbe, sono aumentati di poco chi ha scelto “non lo so” con il 14,3% ma è diminuito chi non lo farebbe con il 3,2%. Figura 7.25.

Se ti dicessi che esiste una tecnologia (EEG) capace di capire il tuo stato mentale alla guida (es. stanchezza) attraverso la lettura delle onde cerebr... garantirti una guida più sicura e su misura per te?

64 risposte

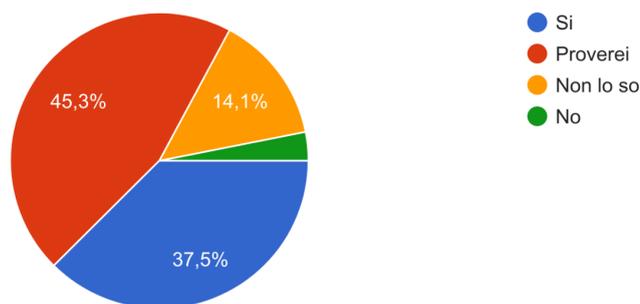


Figura 7.25 Grafico sul parere dell'utente riguardo la tecnologia EEG alla guida.

Infine per capire le necessità degli utenti è stato chiesto come vorrebbero la guida del futuro, vince la sicurezza con un 63,5%, seguita da una guida con tecnologie innovative con il 44,4% e una guida più focalizzata sul conducente con il 39,7%, di seguito è stato scelto l'assistente vocale con il 27% e un'auto smart con il 25,4%. Questi risultati sono stati un ottimo riscontro in quanto sono tra i pilastri dello sviluppo della tesi. 7.26.

Come vorresti la guida nel futuro? (più opzioni)

64 risposte

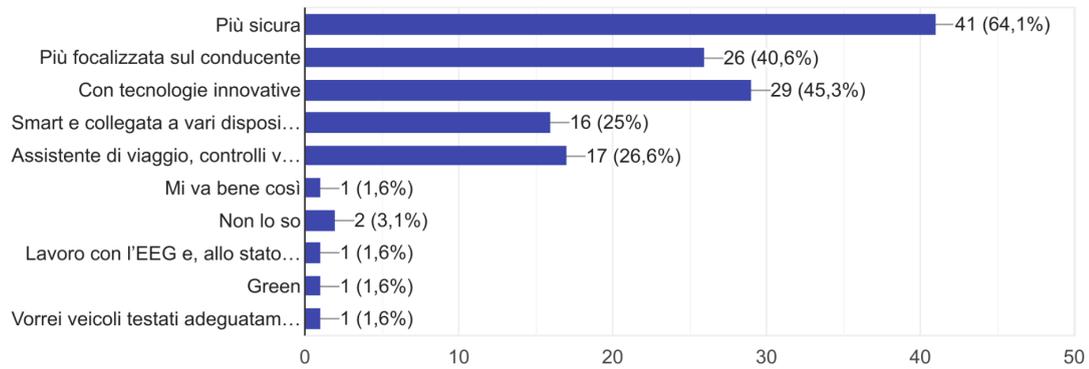


Figura 7.26 Grafico delle risposte sul parere degli utenti riguardo a come vorrebbero la guida nel futuro.

8. Sviluppo progetto

Il progetto di tesi vuole sviluppare un device intelligente EEG che comunichi con lo smartphone e permetta un doppio feedback sonoro attraverso la conduzione ossea e con il collegamento con l'impianto stereo dell'auto, inoltre questa connessione permetterà anche il funzionamento del sistema vocale al fine di creare un'assistenza alla guida su misura del conducente che possa monitorarlo in tempo reale ed intervenire nel caso si manifestassero: distrazione, stanchezza/sonnolenza, disattenzione e stati di alterazione come attacchi di panico, ansia o agitazione. La diagnostica attraverso il collegamento ODB2 di alcuni dati importanti come la velocità, il posizionamento, lo stato del motore, temperatura ecc in modo tale da circoscrivere i dati combinandoli al dispositivo EEG, in fine tutto viene registrato e rappresentato nell'applicazione in modo da monitorare l'andamento del conducente.

La selezione delle quattro aree d'intervento sono state selezionate non solo perché tra le più impattanti come evinto in fase di ricerca ma proprio perché le emozioni influenzano fortemente il processo decisionale umano e il rischio percepito quindi si è cercato di capire come gli stati emotivi influenzano i comportamenti di guida per influenzarlo positivamente. Di conseguenza è stata valutata accuratamente la scelta di inserire la tecnologia dei sensori EEG a secco, in quanto, nonostante questo comporti l'inserimento di una nuova abitudine per la guida ovvero dover indossare un device, l'affidabilità della lettura delle onde cerebrali supera le altre tecnologie dato che andiamo a leggere i parametri internamente e non esternamente, quindi analizziamo direttamente dalla fonte andando a leggere le onde cerebrali e questo ha un margine di errore molto basso, parliamo di un'affidabilità che va dall' 85-90%. Gli algoritmi saranno capaci attraverso la lettura delle onde cerebrali di riconoscere quando il conducente sta entrando in uno dei quattro stati di pericolo.

La prima valutazione è stata quella di scegliere il tipo di device da utilizzare, una decisione importante considerando che avendo scelto i dispositivi EEG gli elettrodi nel device devono essere a contatto con determinati punti della testa, questi sono stati selezionati nella zona retroauricolare dell'orecchio in modo da limitare l'invasività del device e poter sfruttare oggetti comuni come gli auricolari o gli occhiali, riuscendo anche a recepire un ottimo segnale dagli elettrodi. Nel questionario quando è stato chiesto "Quale device indosseresti più facilmente mentre guidi?" il 45,3% ha risposto un auricolare mentre il 42,2% gli occhiali, vi è poca differenza tra i voti ma d'altronde sul mercato sono gli auricolari i device wireless smart

più venduti quindi l'utente riesce a immaginare l'usabilità dell'oggetto anche perchè molti lo utilizzano alla guida per rispondere alle chiamate via bluetooth, mentre per quanto riguarda gli occhiali intelligenti attualmente sono entrati nel mercato proposte interessanti ad esempio come gli occhiali smart rayban Stories che ti permettono di fare foto e ascoltare musica. Analizzando l'aspetto tecnico il vantaggio degli occhiali è quello di poter inserire più elettrodi, quasi il doppio in confronto all'auricolare, in quanto si sceglie di realizzarne solo uno al fine di agevolarne l'utilizzo, questo comporta una maggiore verifica degli impulsi estrapolati. Gli altri fattori invece tendono in favore dell'auricolare in quanto ha un peso, un ingombro e un costo minore considerando il confronto con gli occhiali che limitano la visuale soprattutto per chi normalmente non gli indossa e tenendo presente che si devono adattare a tutti quindi devono avere delle lenti aggiuntive graduate e/o da sole per chi ne ha bisogno mentre l'altro dispositivo si predispone per tutti, di conseguenza possiamo dire che l'impatto con l'utente e l'usabilità siano a favore dell'auricolare (Figura 8.1).

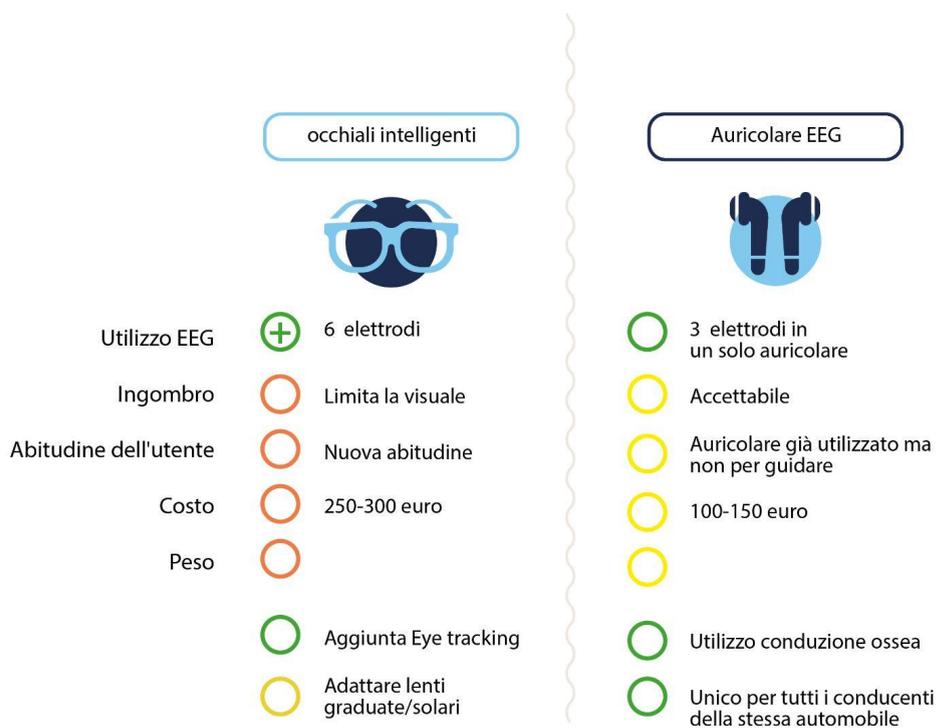


Figura 8.1 Confronto pro e contro tra gli occhiali e l'auricolare per la scelta del device per lo sviluppo progetto.

Inoltre si è riflettuto su quelle che potessero essere le strategie per poter inserire al meglio sul mercato il progetto TESSA oltre alla vendita diretta divulgata con delle pubblicità, innanzitutto si è pensato di collaborare con le scuole superiori per poter pubblicizzare il progetto ma per divulgare l'importanza dell'utilizzo del dispositivo e soprattutto

sensibilizzare i ragazzi alle tematiche inerenti alla distrazione sulla guida, come l'amaxofobia che non è ancora oggi conosciuta, saranno considerati anche dei benefit per i ragazzi attraverso delle collaborazioni come con spotify che potrebbe erogare il servizio premium gratis, in questo modo l'azienda si garantirebbe l'utilizzo dell'applicazione anche per la riproduzione dei suoi contenuti nelle automobili. Mentre per quanto riguarda la vendita si potrebbero considerare le compagnie assicurative sembra come collaborazione, in modo da far comprendere anche ai genitori le potenzialità del progetto illustrando la parte etica e incentivandoli all'acquisto attraverso dei benefit come lo sconto sull'assicurazione dell'auto. Per quanto riguarda il prezzo si è stimato approssimativamente di arrivare a circa 500 euro.

8.1 Auricolare EEG

In primis è stata svolta un'indagine stilistica su quelle che sono le tendenze morfologiche ed estetiche degli oggetti che i giovani sono soliti indossare nel quotidiano, ad esempio come area estetica sono stati considerati il settore degli accessori e dei gioielli, mentre come oggetti funzionali sono stati considerati gli auricolari e gli apparecchi acustici. Tra i riferimenti quelli più importanti sono stati selezionati: il moderno apparecchio acustico Amplify di Alice Turner⁷⁹ che si contraddistingue per l'accostamento armonico di due materiali completamente differenti il metallo e un polimero rigido dalla finitura opaca proposti in chiave elegante, questo ci permette di notare come non sia più sufficiente la funzionalità dell'oggetto di correzione di una limitazione ma viene data un'alta valenza all'apporto estetico infatti è difficile identificarlo come un apparecchio acustico; Gli accessori per le orecchie dell'azienda MAM⁸⁰ si differenziano perché propongono nuove forme e approcci alla morfologia dell'orecchio, si può notare come la struttura degli orecchini vada ad evidenziare zone che solitamente non consideriamo, senza invaderle ma mettendole in risalto; nell'auricolare Joyroom di Gizmoder⁸¹ è stato interessante osservare come la tecnologia a conduzione ossea

⁷⁹ <https://www.hearsoundly.com/guides/alice-turner-hearing-aid-design>

⁸⁰ <https://it.mamoriginals.com/blogs/tendenze/gioielli-sostenibili-orecchini-unic>

⁸¹ <https://gizmodern.com/products/try-a-different-way-to-listen-with-bone-conduction-earphones>

permette di generare questa forma che sembra quasi accompagnare la naturale forma dell'orecchio. Figura 8.2.



Figura 8.2. Elementi d'ispirazione: Amplify - Alice Turner, MAM designs products, Joyroom-Gizmodern.

Di seguito si è passati in una fase di analisi morfologica, attraverso degli schizzi. Quindi si è realizzato un studio per creare una forma ergonomica per la morfologia dell'orecchio realizzando dei primi schizzi di proposte, al fine di selezionare le forme che più si prestano per il comfort dell'orecchio, tenendo sempre presente i punti dove dovranno essere posizionati gli elettrodi che si trovano nella zona retroauricolare. Di conseguenza vengono posti dei vincoli di progetto di forma, deve essere più ergonomica possibile in modo da risultare confortevole e adattabile alle variazioni morfologiche delle orecchie; inoltre il suo utilizzo deve essere semplice ed immediato nell'applicazione e usabilità, il tutto con un design che sfoggia una propria identità morfologica ricordando anche l'eleganza del gioiello in quanto pensata per un target giovane e perché deve essere sempre indossato alla guida in un'area visibile vicino l'orecchio quindi ha un forte impatto estetico.

Inizialmente sono state selezionate 6 diverse forme, considerando quelle che potessero rispettare al meglio i seguenti punti:

- Equilibrio del peso delle parti sull'orecchio
- Una forma che possa adeguarsi alla morfologia dell'orecchio al meglio
- Un aspetto suggestivo per un brand identity
- Una forma confortevole durante l'utilizzo
- Spazio sufficiente per contenere la tecnologia necessaria.
- Costo di produzione non troppo elevato.

Successivamente è stata fatta una selezione di sei forme dalle quali ne è stata scelta una, quella che rispettasse al meglio i vincoli di progetto presupposti, come si vede in Figura 8.3.

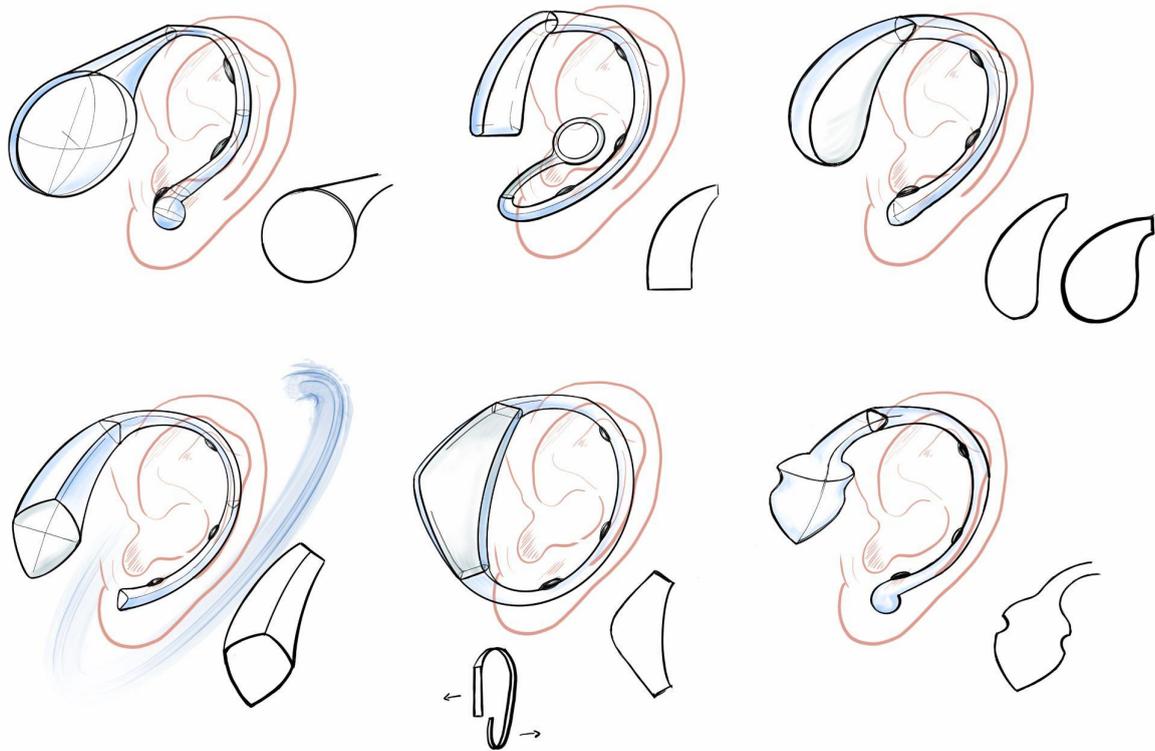


Figura 8.3 Selezione della forma più consona ai vincoli.

Per la forma selezionata è stato pensato un design più minimal e morbido possibile al fine di non essere invadente e fastidioso dato che il prodotto verrà utilizzato diverse ore al giorno dai conducenti. Il corpo è molto sottile nella parte retro auricolare dell'orecchio, in quanto bisogna considerare che solitamente si indossano gli occhiali, gli orecchini o altri tipi di accessori e in questo modo può essere meno invasivo, mentre la seconda parte ovvero quella dove vengono racchiuse le tecnologie principali arriva vicino all'incisura anteriore (non nella cava del padiglione auricolare come gli altri auricolari) nella zona di piano superiore alla chiusura della mandibola, dove si allarga in una forma con una dinamicità simile a una freccia che si chiudendo a punta. Questo dispositivo conterrà due tecnologie, la più importante è la lettura elettroencefalogramma EEG che permette di analizzare, monitorare e registrare l'attività elettrica del cervello con circuiti integrati a bassa potenza, gli amplificatori e gli

ADC (Analogic Digital Converter) ci permettono di convertire i dati ricevuti in tempo reale successivamente le tecnologie di comunicazione wireless nel device inoltrano allo smartphone i valori riscontrati da questi il software che vengono interpretati dagli algoritmi in modo da poter identificare l'andamento dello stato cerebrale e nel caso il verificarsi delle quattro alterazioni già descritte, di conseguenza si potrà restituire il feedback per l'assistenza alla guida pensati in modo tale di intervenire in modo specifico a seconda delle necessità.

La seconda tecnologia integrata è la conduzione ossea al fine di rendere il dispositivo anche auricolare non solo per rispondere alle chiamate ma anche per inoltrare gli stessi suoni dell'impianto dell'auto cosicché da creare una situazione più immersiva nell'abitacolo dello stato di allerta. Il dispositivo viene strutturato in due parti fondamentali quella frontale dove verranno inserite le tecnologie descritte precedentemente, invece nella parte retro auricolare si hanno gli elettrodi AgCl⁸² con i relativi fili di connessione e un filo di ferro che permette un leggero modellamento della forma al fine di farla aderire all'orecchio. Inoltre la parte retroauricolare è sostituibile in caso di usura degli elettrodi.

I materiali scelti per il dispositivo auricolare sono il silicone per il rivestimento totale, in quanto è confortevole al contatto con la pelle ed è colorabile essendo un polimero di facile additivazione, inoltre sulla parte frontale vi è un dettaglio metallico che va sfilare lungo la lunghezza della parte frontale, questo al fine di rendere l'oggetto più elegante quasi come se fosse un oggetto. Nel corpo siliconico viene immersa la struttura di metallo e la parte tecnologica. Per definire le proporzioni, la forma e gli ingombri degli elementi sono stati svolti dei test morfologici su più soggetti con la pasta modellante DAS, materiale ideale per prendere il calco della profondità e la tridimensionalità dell'area retro auricolare e frontale dell'orecchio. Come si può vedere nelle figure 8.4 e 8.5.

In seguito il device è stato modellato tridimensionalmente al fine di definirne, nel dettaglio quelle che sono le finiture e le dimensioni. Questo osservato frontalmente nel complesso ha un ingombro in larghezza di 50 mm, in altezza di 45 mm, mentre l'elemento frontale a punta che ha l'impatto estetico ha un ingombro di 35 mm in altezza e 20 mm in larghezza che si riducono verso l'alto sino 0,8 mm. Figura 8.6., 8.7 e 8.8.

⁸²AgCl, Semicella a cloruro di argento è costituita da un elettrodo di seconda specie costituito da argento, ricoperto da cloruro di argento e immerso in una soluzione contenente Cl.



Figure 8.4, 8.5 Esperimento in DAS per validare le forme e le proporzioni tridimensionali del dispositivo EEG.

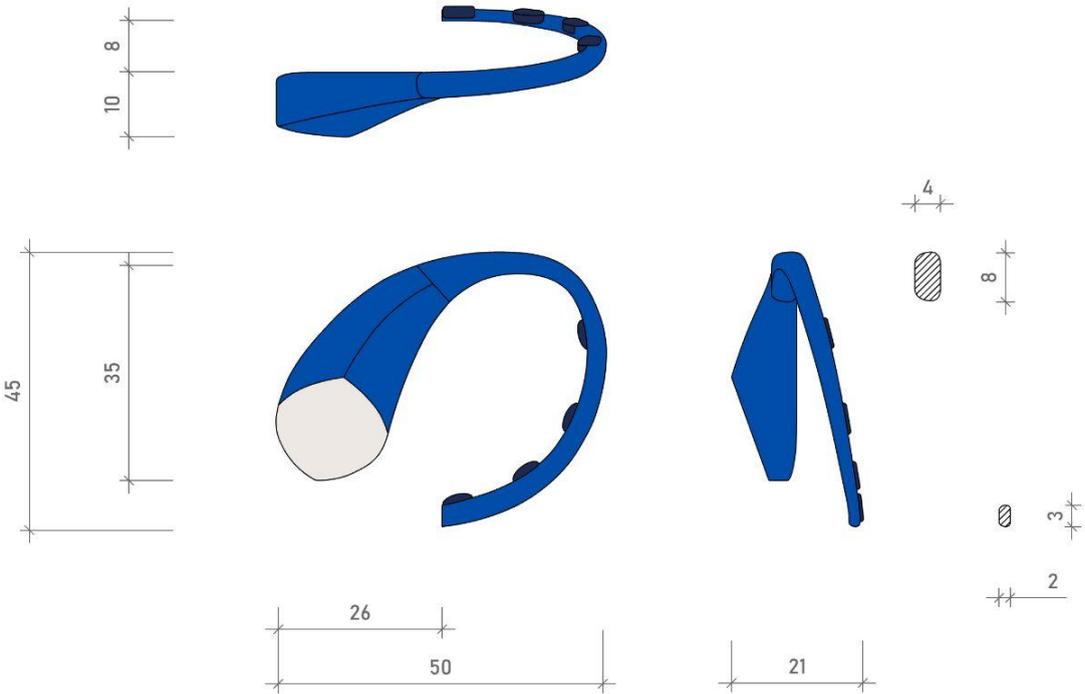


Figura 8.6 Messa in tavola 2D quotata del dispositivo EEG.

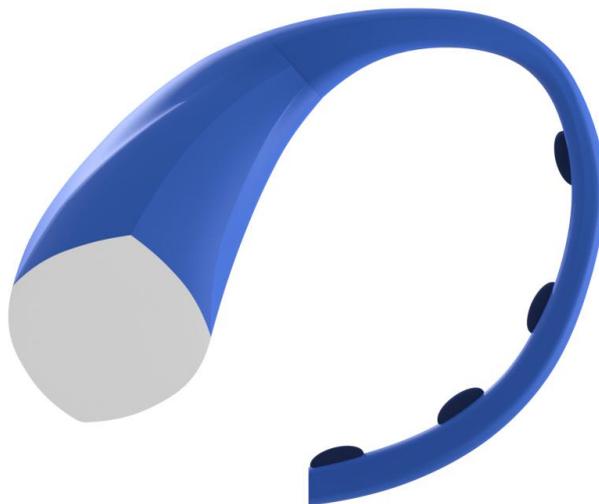


Figura 8.7 Render finale del dispositivo EEG



Figura 8.8 Aspetto del dispositivo EEG indossato.

Il dispositivo EEG ha bisogno di una base di ricarica essendo un dispositivo bluetooth con questo incipit è stata ideata una base di alimentazione con ricarica wireless a induzione elettromagnetica che migliori anche il servizio del progetto. Infatti l'elemento si presta anche a essere base di supporto e ricarica per lo smartphone, in modo anche da creare un'abitudine di riferimento per lo smartphone sicuro e fisso, così facendo nel conducente si crea un'abitudine e diminuiranno le fonti di distrazione dovute alla ricerca o posizionamento dello stesso. La base genera quella che è la prima interazione del conducente verso il dispositivo, infatti sarà quella di prendere l'auricolare dall'incavo a tenuta magnetica creato appositamente, indossarlo regolandone la tenuta e appoggiare lo smartphone sulla stessa base che verrà sempre trattenuto attraverso presa magnetica. Oltre ad essere un supporto di ricarica la base lo è anche per l'assistente vocale infatti vi sono presenti 8 microfoni per ascoltare il conducente in qualsiasi situazione anche se rumorosa per garantire una corretta funzionalità indipendentemente se il veicolo ha o meno un buon impianto audio. La base ha un ingombro di diametro di circa 70mm e un'altezza di circa 30mm. Figure 8.9 e 8.10.

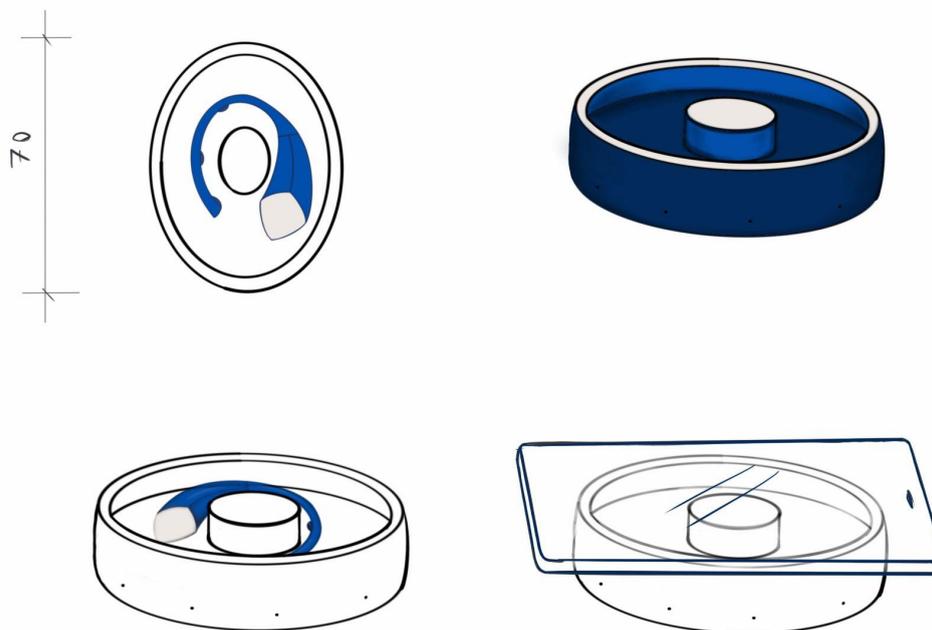


Figura 8.9 Sketch della base di ricarica.

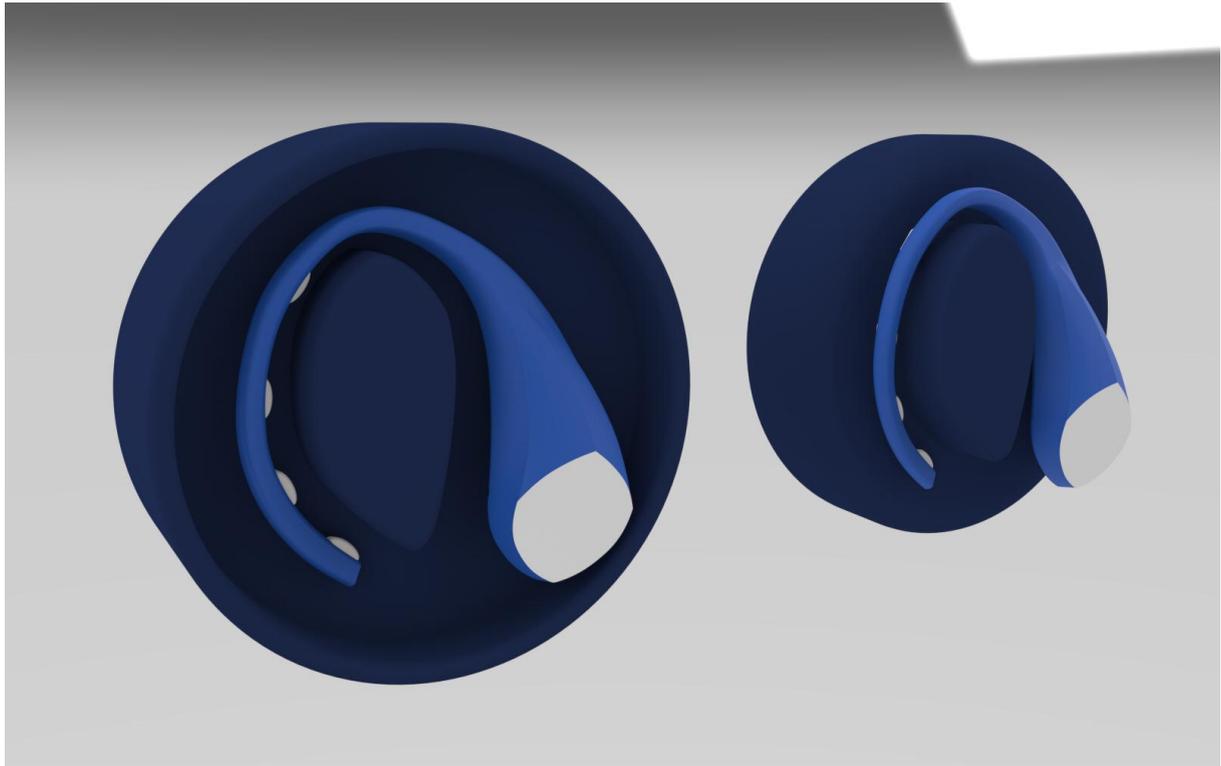


Figura 8.10 Supporto di base e alimentazione del dispositivo.

8.2 TESSA: Assistente vocale alla guida

Elemento fondamentale del progetto è l'assistente vocale a cui viene scelto di dare un nome femminile, TESSA anagramma di Technology EEG Safety System Automotive che interverrà sia nel guidare il conducente in caso di problematiche inerenti alla distrazione sia nel rimanere a disposizione nel caso venga chiamato.

Analizziamo nel dettaglio la valenza dell'assistenza vocale intelligente alla guida proposta dal progetto, questa interviene in autonomia in quelli che sono stati rilevati in fase di ricerca gli scenari più pericolosi e di maggior frequenza rilevati nello studio dei giovani, ovvero: La distrazione dovuta a fattori interni ed esterni all'auto, la stanchezza e sonnolenza, l'abbassamento del livello di concentrazione cioè un distacco cognitivo e l'ansia, agitazione, attacchi di panico. Ciò è possibile grazie all'interazione tra più componenti avanzati che sono: l'auricolare EEG collegato attraverso il bluetooth allo smartphone, una base di ricarica e

supporto smartphone collegata tramite filo al veicolo, il programma dell'assistente vocale contenuto nell'applicazione e il collegamento ODB2 attraverso l'adattatore bluetooth collegato allo smartphone. Figura 8. Al fine di intervenire al meglio a seconda delle situazione si è valutato di creare per ogni disattenzione fasi di intervento a seconda della gravità e da tempo trascorso dall'inizio del rilevamento del problema in questo modo l'utente può avere una maggiore percezione del pericolo e viene sollecitato in modo graduale e non ripetutamente e sempre nella stessa maniera. Gli interventi dei pericoli si predispongono in maniera schematica, nella prima fase si utilizza la vibrazione dello smartphone e degli elementi sonori diversi a seconda della problematica, in quanto secondo degli studi avvenuti dagli psicologi del traffico il suono se contestualizzato e attribuito a un determinato significato, è il metodo più veloce ed efficace per attirare la concentrazione del conducente, questi vengono amplificati dall'impianto stereo dell'auto e dall'auricolare EEG. Nella seconda e terza fase interviene l'assistente vocale che suggerisce al conducente come comportarsi in quanto si trova in uno stato di non lucidità o incoscienza che può inibire le capacità alla guida in quanto non si focalizzando quelle che sono le manovre o gli atteggiamenti che sono necessari da fare in caso di quel pericolo. Inoltre i dati rilevati durante la guida vengono raccolti nell'applicazione così che il conducente possa monitorare il suo andamento alla guida. Un altro intervento che è stato scelto per comunicare in modo diretto al conducente il tipo di pericolo e la sua gravità è quello di rappresentare con un'icona diversa per ogni tipologia di distrazione in modo che il conducente comprenda subito il pericolo rilevato dal dispositivo, mentre la gravità viene comunicata attraverso un codice colore che distingue anche il cambiamento e avanzamento della fase vista la gravità della durata del pericolo, con giallo abbiamo un livello basso, con l'arancio medio e infine con il rosso un livello grave, lo vediamo in figura 8.11.



Figura 8.11 Icone di rappresentazione del tipo di distrazione e del livello della fase di emergenza.

Inoltre, sempre attraverso il collegamento EEG l'applicazione una volta avviato il motore e le connessioni dei dispositivi si attiva una limitazione di alcune funzionalità dello smartphone rischiose durante la guida come le notifiche sul blocco schermo, questo permetterà di ricevere il feedback solo le chiamate alle quali si potrà rispondere grazie ai comandi vocali e la risposta verrà inoltrata sull'auricolare eliminando così quelli che sono fattori impattanti per la distrazione alla guida. L'assistente vocale è fornito anche di sistemi base senza situazioni di pericolo che sono già in commercio con il fine di integrare queste funzioni per quei conducenti che sono abituati ad utilizzarli e per chi vuole approcciarsi completamente al mondo dell'assistenza vocale in auto. L'assistente vocale se richiamato per nome TESSA ci dà la possibilità di controllare i comandi dello stereo come cambiare musica, abbassare e alzare il volume, riprodurre playlist preferita ecc. in questo modo il conducente non dovrà

distrarsi durante la guida per eseguire queste manovre. Ci avvisa di eventuali chiamate e ci permette di rispondere attraverso gli auricolari o l'impianto dell'auto, inoltre possiamo impostare e gestire il navigatore satellitare e ricorda periodicamente di svolgere le varie manutenzioni per l'auto come controllare l'olio, in modo tale che il conducente guidi senza problematiche di partenza. Inoltre grazie al sistema OBD2 è possibile in caso di emergenza ricevere aiuto, infatti una volta confermato lo stato di emergenza dall'applicazione viene chiamato chi di dovere, ad esempio in caso di un grave incidente automobilistico. Un operatore chiamerà il telefono e chiederà se il conducente ha bisogno di assistenza. Se dirà di sì (o se non risponde), chiameranno i servizi di emergenza e li invieranno alla posizione del veicolo mentre i loro operatori rimarranno al telefono con il conducente fino all'arrivo dei servizi di emergenza. Riassumendo il sistema delle connessioni dei dati in entrata ed uscita è gestito in modo che si possa vedere come interagiscono tra di loro (nella Figura 8.11), tutti gli elementi vengono gestiti dall'applicazione che calibra e sfrutta i dati.

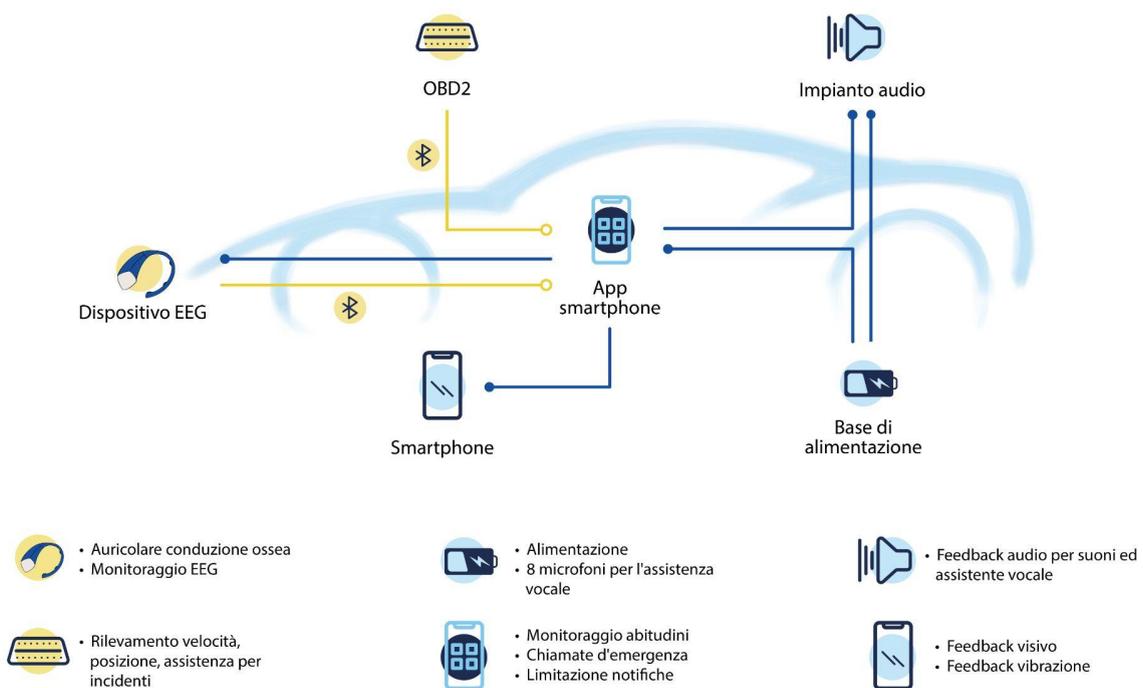


Figura 8.12 Sistema degli elementi che permettono il servizio.

Si osservi come, una volta interpretati i bisogni, il servizio vuole intervenire a supporto del conducente nel caso si manifestino le quattro maggiori problematiche di distrazione alla guida.

In caso di distrazione, ovvero quando si verificano situazioni improvvise interne o esterne al veicolo che portano il conducente a distrarsi l'assistenza interviene in tre fasi. Per questo tipo di problematica, come già evinto, si è agito con una prima fase preventiva ovvero quella di limitare lo smartphone non mostrando e silenziando le notifiche sullo schermo durante la guida, grazie all'applicazione che collegata all'adattatore ODB2 rileva la velocità del veicolo e l'accensione/spegnimento dati che gli permettono di gestire lo scudo di sicurezza, questa scelta è stata ponderata dalla ricerca del target in quanto come abbiamo già riscontrato si riconosce il rischio che può concernere in particolar modo tra i giovani l'arrivo delle notifiche e in generale l'utilizzo dello smartphone. La seconda fase inizia quando il dispositivo EEG rileva una distrazione durante il monitoraggio nell'immediato intervengono tre elementi di allerta: uditivo, l'auto emetterà un suono simile a quello di una notifica ma ripetitivo per richiamare l'attenzione del conducente incuriosendolo; visivo, dove grazie all'applicazione sul display apparirà un'icona gialla che rappresenta il primo stadio dell'intervento ed è inerente alla tipologia del problema in questo caso la disattenzione. Se il conducente non riprende l'attenzione superati i due minuti, inizierà la terza fase, visivamente l'icona gialla diventerà arancione e si attiverà l'assistente vocale che sollecita l'attenzione del conducente svolgendo dei giochi per il focus alla guida che devono essere semplici, immediati e inerenti al contesto stradale, come ad esempio chiedere al conducente quanti metri di distanza ci sono tra la sua e la macchina davanti, questo porterà il conducente a riprendere il focus sulla strada. La durata della seconda fase varia a seconda del recupero, questa continuerà finché il dispositivo rileverà la normalizzazione la fase delle onde cerebrali e quindi la fase si può chiudere, almeno che non venga richiesto dal conducente chiamando "TESSA" di bloccare l'avviso perché ha la situazione sotto controllo, questa modalità di chiusura dell'intervento sarà la stessa per ognuna delle quattro problematiche. Figura 8.13.



Figura 8.13 Rappresentazione dell'intervento contro la distrazione

Nel caso in cui il dispositivo EEG verifichi nel conducente uno stato di stanchezza, sonnolenza inizierà l'assistenza con la prima fase dove sullo schermo apparirà l'icona dedicata al tema in arancione in quanto essendo sintomi di quello che potrebbe essere un colpo di sonno ed essendo un rischio elevato alla guida, si parte con un'allerta maggiore. In primo luogo vengono riprodotti dei suoni dinamici come melodie ritmiche per il risveglio, sia dall'auto che nell'auricolare attraverso la conduzione ossea, per avere un'esperienza immersiva e più efficace. Superati i due minuti se non si è ripreso uno stato di lucidità sufficiente inizia la seconda fase dove l'icona diventa rossa per comunicare al conducente l'importanza dell'allarme, contemporaneamente l'assistente vocale suggerisce l'apertura del finestrino per far abbassare la temperatura di qualche grado al fine di favorire l'attività cerebrale dato che il cervello umano si inibisce se l'aria dell'abitacolo diventa rarefatta, inoltre successivamente l'assistente vocale interviene con giochi per stimolare e far riflettere il conducente. Superati gli 8 minuti si prosegue nella terza e ultima fase l'assistente suggerisce una sosta al piazzale di sosta più vicino e invogliando il conducente a una passeggiata o altre piccole attività motorie per risvegliarlo o se non fosse sufficiente a riposare in auto prima di riprendere la guida. Figura 8.14.

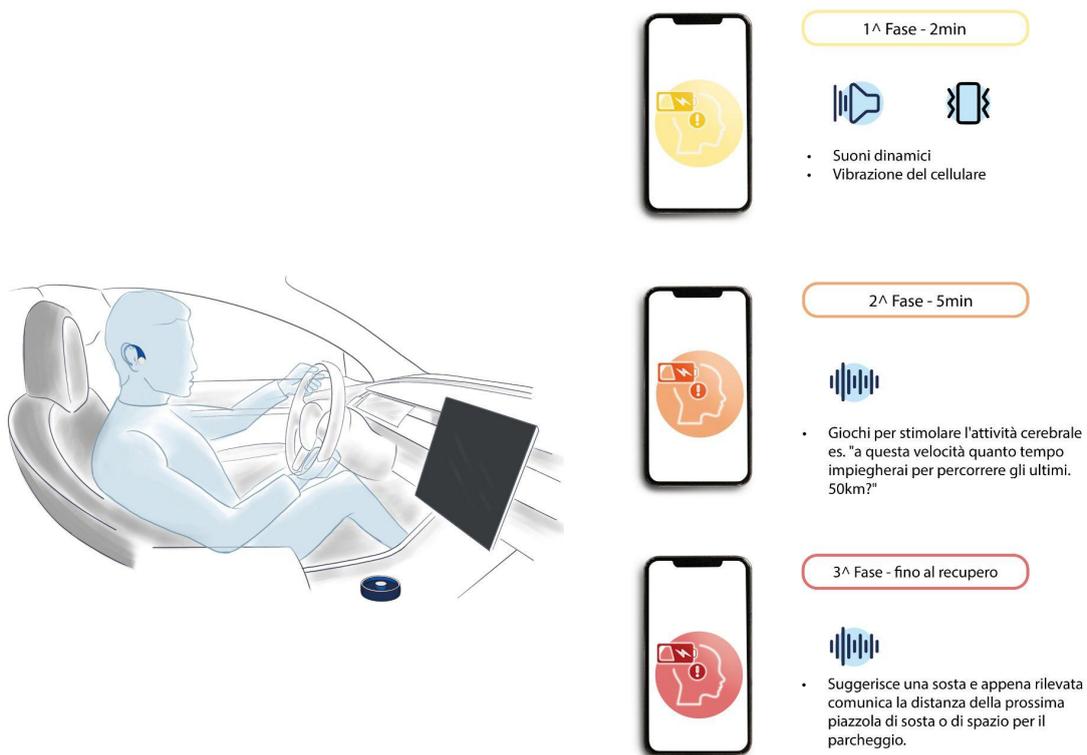


Figura 8.14 Rappresentazione dell'intervento contro la sonnolenza

Nel caso in cui il livello di concentrazione cognitivo del conducente dovesse abbassarsi e quindi entrare in uno stato di inerzia e immersione nei propri pensieri, questa fase spesso si verifica con un atteggiamento di sguardo fisso e perso nel vuoto, il dispositivo EEG comunicherebbe allo smartphone il pericolo in modo tale che sul display appaia l'icona inerente alla tipologia di distrazione con il colore di partenza giallo e successivamente vengono inoltrati dei suoni che stimolano la concentrazione come i suoni bianchi o suoni binaurali, sempre per garantire una maggiore immersione senza un totale isolamento, il suono viene propagato sia dalle casse dell'auto che dall'auricolare. Se non dovesse essere sufficiente dopo due minuti inizierà la seconda fase rappresentata dal logo che diverrà arancione, di seguito l'assistente vocale richiamerà l'attenzione sulla strada del conducente attraverso giochi di focus inerenti alla guida. Per questa categoria non vi è una terza fase perché solitamente il recupero avviene in fretta, diventando così due fasi di intervento sufficienti. Figura 8.15.

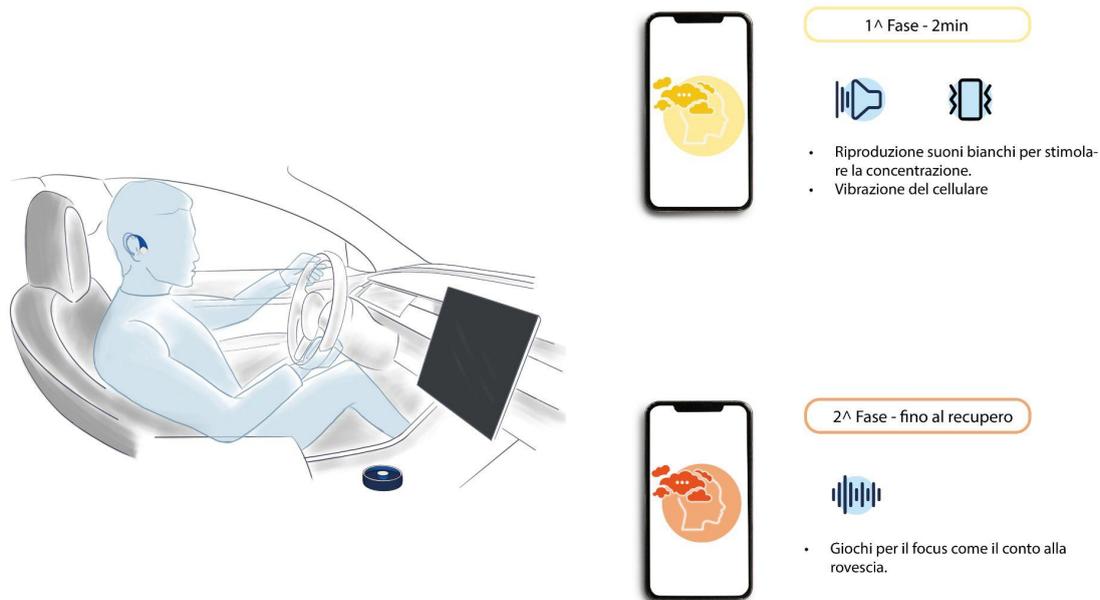


Figura 8.15 Rappresentazione dell'intervento contro la distrazione cognitiva.

Tra i fattori più rischiosi alla guida abbiamo quelli legati agli stati d'animo come l'ansia, lo stress, agitazione e gli attacchi di panico. In queste situazione appena il dispositivo rileva un'alterazione dello stato mentale si avvia l'intervento con la fase 1 della durata di 3 minuti e con la visualizzazione dell'icona gialla inerente, successivamente vengono riprodotti, sempre in doppia uscita, dei suoni naturali, antistress e asmr. In seguito inizia la seconda fase della durata di 5 minuti dove si avvierà l'assistente vocale che aiuterà il conducente con dei consigli per ottimizzare la guida nonostante lo stato alterato, ad esempio se l'agitazione prevenisse da un'eccessiva pioggia che limita la visuale allora l'assistente vocale suggerisce di diminuire la velocità, tranquillizza il conducente. Se si dovesse entrare nella terza fase dove l'icona si tramuta in rosso e l'assistente vocale suggerisce la sosta verificando al primo piazzale disponibile, una volta ferma l'auto l'assistente vocale guida il conducente per svolgere tecniche di mindfulness con degli esercizi di respirazione o di meditazione al fine di tranquillizzarlo. Figura 8.16.

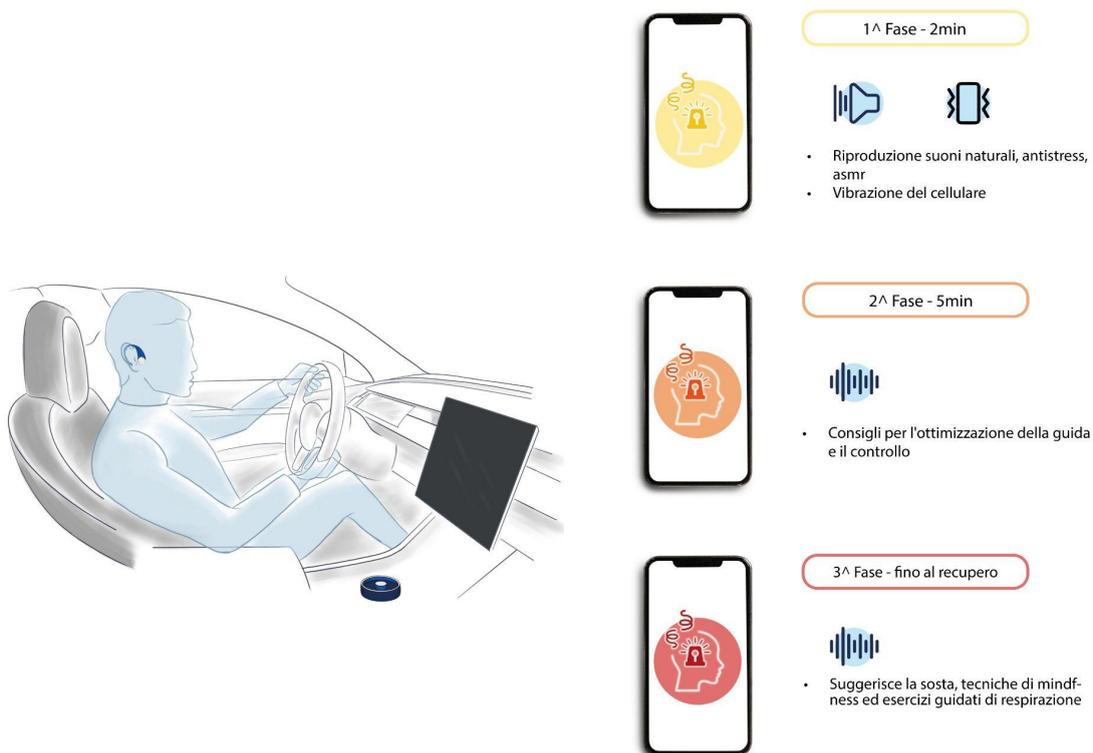


Figura 8.16 Rappresentazione dell'intervento contro ansia, agitazione, attacchi di panico.

Con questa struttura d'intervento legata ai feedback sonori e all'assistenza vocale, il progetto agisce su quelle che sono le necessità in tempo reale dei conducenti riuscendo a migliorare l'impatto verso la soluzione dei casi distrazione, questo è reso possibile solo grazie alla ricerca e riflessione sulle necessità dei conducenti e grazie alla tecnologie EEG che rileva gli stati di pericolo.

8.3 Prototipazione

Considerando la geometria complessa del device e per validare il suo ruolo primario ovvero quello di rimanere fisso e ancorato intorno all'orecchio al fine di svolgere la sua doppia funzione di auricolare a conduzione ossea e di dispositivo EEG, è stato necessario in fase di prototipazione sfruttare la stampa 3D e far indossare a diversi soggetti il prototipo, è stato scelto di non comunicare come doveva essere indossata al fine di verificare il primo impatto e l'affording con l'oggetto che possiamo osservare in figure 8.17 e 8.18. L'interazione con gli utenti è stata soddisfatta grazie a un buon risultato nella gesture in fase di applicazione probabilmente questo è dovuto all'associazione per esperienza avvenuta con gli auricolare per gran parte delle persone nonostante la conformazione della conduzione ossea non sia conosciuta da molte persone in quanto ricordiamo che non abbiamo bisogno di un elemento che si inserisca nella cavità auricolare ma che si appoggi nell'area piatta sopra sopra il la congiunzione della mandibola. In generale si è potuto validare che la conformazione del device soddisfa quelli che sono i parametri di ergonomia e ingombro per l'orecchio nonostante questa sia un'area molto delicata e soggettivamente con conformazioni completamente diverse.

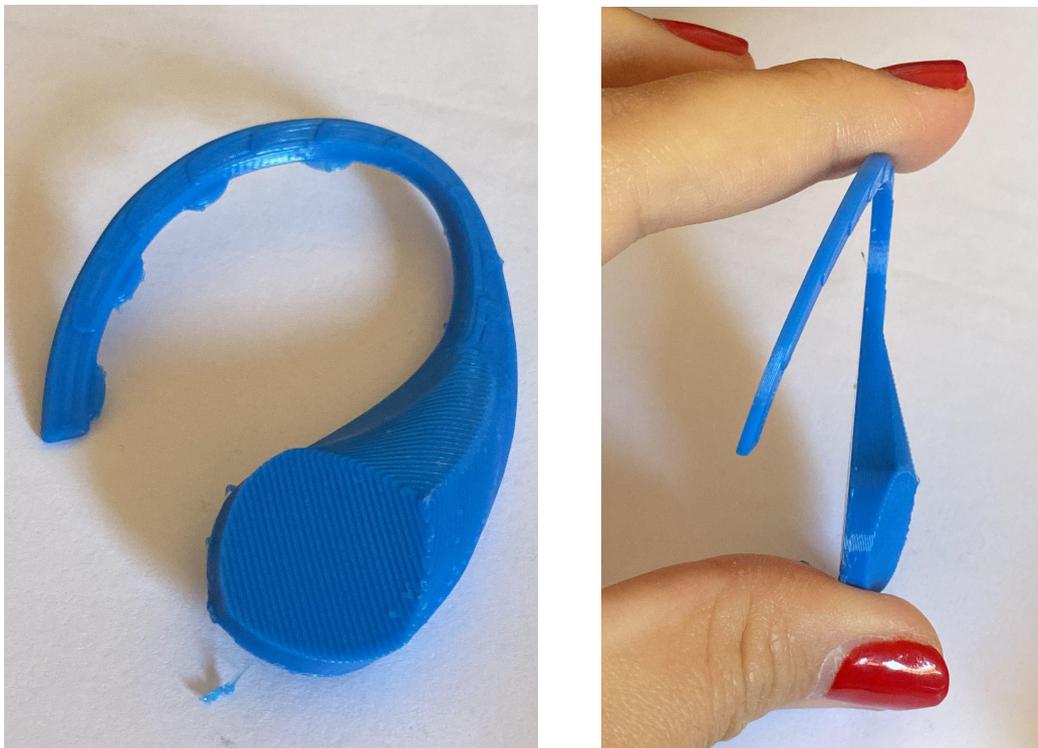


Figura 8.17 e 8.18 Prototipo stampato con stampante 3D al fine di validare la conformazione.

9. Sviluppi futuri

Alla luce delle indagini effettuate riguardo la sicurezza stradale che ci hanno permesso di validare l'ampio scenario che si prospetta e il ruolo dell'utilizzo dei dispositivi ADAS, TESSA propone un approccio alternativo con un prodotto innovativo che sfrutta le tecnologie EEG in grado di scernere tramite gli impulsi neurali la situazione emotiva e mentale del conducente in determinate condizioni ed è in grado, a fronte di ciò di suggerire e creare un ambiente conforme, al fine di generare una risposta nel guidatore cosicché riprenda il controllo sistematico della guida. Nonostante TESSA si trovi in uno stato progettuale ci è possibile avanzare proiezioni nello sviluppo futuro che vadano a sfruttare le tecnologie EEG in una visione dedicata all'utente e non di limitazione verso la guida del veicolo ma innescando una reazione su misura per lo stato del conducente. TESSA si prefigge l'obiettivo di manipolare l'abitacolo della vettura ai fini di creare la miglior situazione possibile per il guidatore, in modo da girare delle risposte efficienti ed equilibrate in caso di pericolo grazie al dispositivo che riesce a rilevarlo prima che il conducente arrivi a percepire il problema. Lo sviluppo del progetto è stato ideato affinché sia efficiente e di rapido intervento nel campo della guida distratta in modo che possa essere utilizzato su qualsiasi automobile ma le modalità di approccio ed interazione con il conducente sono pensate per soddisfare il target, i ragazzi della fascia d'età dai 18 ai 25 anni.

Il progetto potrebbe essere implementato come un servizio modulare, cioè che TESSA l'assistente vocale, il dispositivo EEG e l'OBD siano i tre elementi di base minimi per il progetto ma si potrebbe estendere ad altri device che intervengono in maniera differente, sempre al fine di creare in abitacolo capace di intervenire e modificare la percezione del conducente per riportarlo alla concentrazione sul compito principale ovvero la guida. A tal proposito questo progetto è stato pensato di base per uno sviluppo immediato in modo che possa arrivare sul mercato in breve tempo, non solo per la necessità di intervenire sul problema che va contrastare ma anche per affiancarsi tra due anni all'inserimento dei dispositivi ADAS senza invalidarli o limitarli, proprio per questo motivo non sono state proposte tecnologie troppo invasive a livello tecnologico che avrebbero richiesto consensi per l'intervento del software, in questo modo tutti i conducenti indipendentemente dal veicolo o dall'esperienza possono sfruttarne i benefici che TESSA si prefigge in totale sicurezza senza apporre modifiche al veicolo.

Mentre se volessimo sfruttare al massimo quelle che sono le ultime tecnologie, considerando lo scenario approfondito in fase di ricerca di quello che si prospetta per le automobili, potremmo raggiungere livelli di soddisfazioni del concept superiori ma considerando che per sfruttare alcune tecnologie come il deep learning ed avere di conseguenza dei feedback autonomi bisognerebbe implementare un software che andrebbe a collegarsi a quello della casa madre dell'autovettura, questo genere di implementazioni non sono permesse per una questione di sicurezza, ma se andassimo a progettare una collaborazione in joint venture⁸³ con una casa madre si potrebbe creare una concept car⁸⁴ innovativa.

Si potrebbe progettare un'ambientazione dell'abitacolo intelligente capace di adattarsi al meglio a seconda delle necessità dell'utente che vengono analizzate ogni giorno attraverso le abitudini grazie al deep learning e al momento con la tecnologia EEG, bisogna anche considerare che si potranno sfruttare tutti i radar, i sensori e le telecamere già presenti nelle auto grazie agli ADAS al fine di combinare tutti i dati in entrata per ottenere risposte più precise possibili per le necessità degli utenti e per precauzione. Si potrebbero implementare alcuni elementi nell'automobile, come il sedile del conducente che può essere reso intelligente con l'inclusione degli attuatori ad attivazione elettrica che monitorano i parametri vitali del conducente e qualora fosse necessario stimolano la respirazione con delle leggere vibrazioni. Inoltre sarebbe efficiente implementare il progetto TESSA con un sistema di illuminazione e temperatura automatica capace di regolare l'intensità della luce all'interno dell'abitacolo e la sua temperatura oltre a poter analizzare la qualità dell'aria e poterla ricircolare, funzionalità utili anche durante le fasi di emergenza in quanto può creare le condizioni ideali in base alle necessità di ogni problematica in questo modo all'utente sarebbe fornito sempre l'ambiente migliore. Come è stato evinto sono diverse le vie di sviluppo e d'innovazione nel settore, sfruttare gli EEG per arrivare alla radice del problema può essere la chiave di nuovi scenari inoltre si sta lavorando anche su funzionalità più avanzate per queste tecnologie, come i controlli mentali che vengono già sfruttati nel mondo del gaming, questi potrebbero essere utilizzati per semplificare alcune operazioni che si svolgono durante la guida come quelle inerenti all'impianto stereo. Nonostante l'ampio scenario tecnologico e non solo lo scopo del progetto TESSA offrire un'assistenza alla guida mirata alle necessità del conducente con fine

⁸³ La Joint Venture contrattuale è l'accordo con cui due o più soggetti si impegnano a collaborare per la realizzazione di un progetto comune. La joint venture è una cooperazione temporanea in cui i partecipanti mettono a disposizione le proprie capacità, risorse e conoscenze allo scopo di ottenere un risultato condiviso.

⁸⁴ Concept car è un prototipo di autovettura, realizzato sulla base di uno o più temi specifici, destinato a definire un nuovo concetto di utilizzo o il limite raggiungibile dalla tecnica nell'epoca in cui viene costruito.

registrare e monitorare le abitudini al volante e adattare nel tempo le soluzioni in modo sempre più su misura del conducente grazie alla tecnologia di deep learning⁸⁵, ovvero l'auto può raccogliere dati da quelle che sono le routine quotidiane di una persona, apprendendo come guida quell'utente, chi si siede in macchina, le destinazioni più comuni, il tragitto preferito, le stazioni radio ascoltate tutto ciò perchè sappiamo quanto oggi sia importante la connessione soprattutto per i giovani per questo si mira anche a rendere l'auto come un'estensione dello smartphone stesso ma con l'obiettivo di carpire più elementi possibili utili per la sicurezza alla guida, perchè anche quando si arriverà alla guida autonoma avremo sempre bisogno di una connessione con il conducente per monitorare il suo stato di salute.

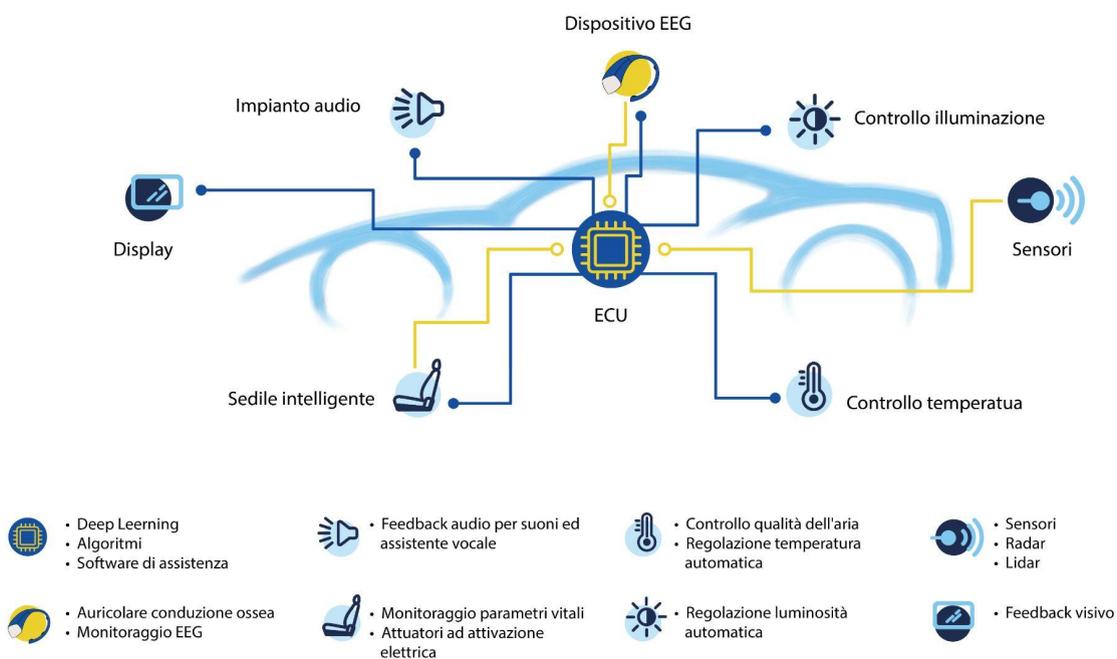


Figura 9.1 Connessioni dati per un sistema che rende l'abitacolo intelligente.

⁸⁵ Deep Learning è una tecnica di apprendimento automatico e dell'intelligenza artificiale in cui si strutturano gli algoritmi in modo da generare reti neurali artificiali a vaste quantità di dati, in modo che possano imparare a svolgere compiti.

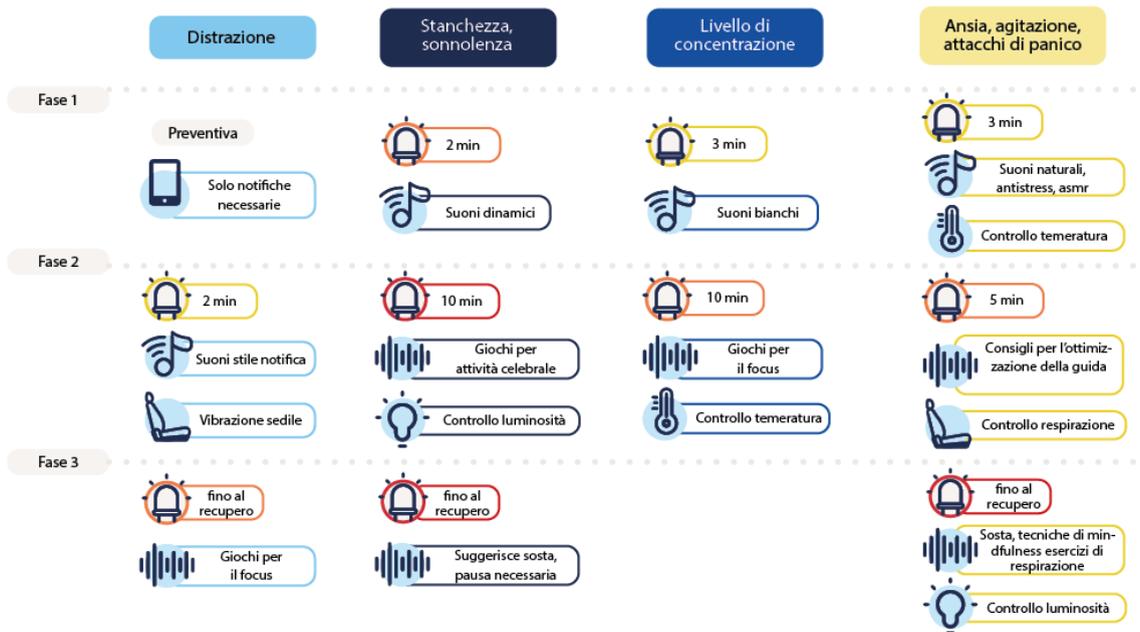
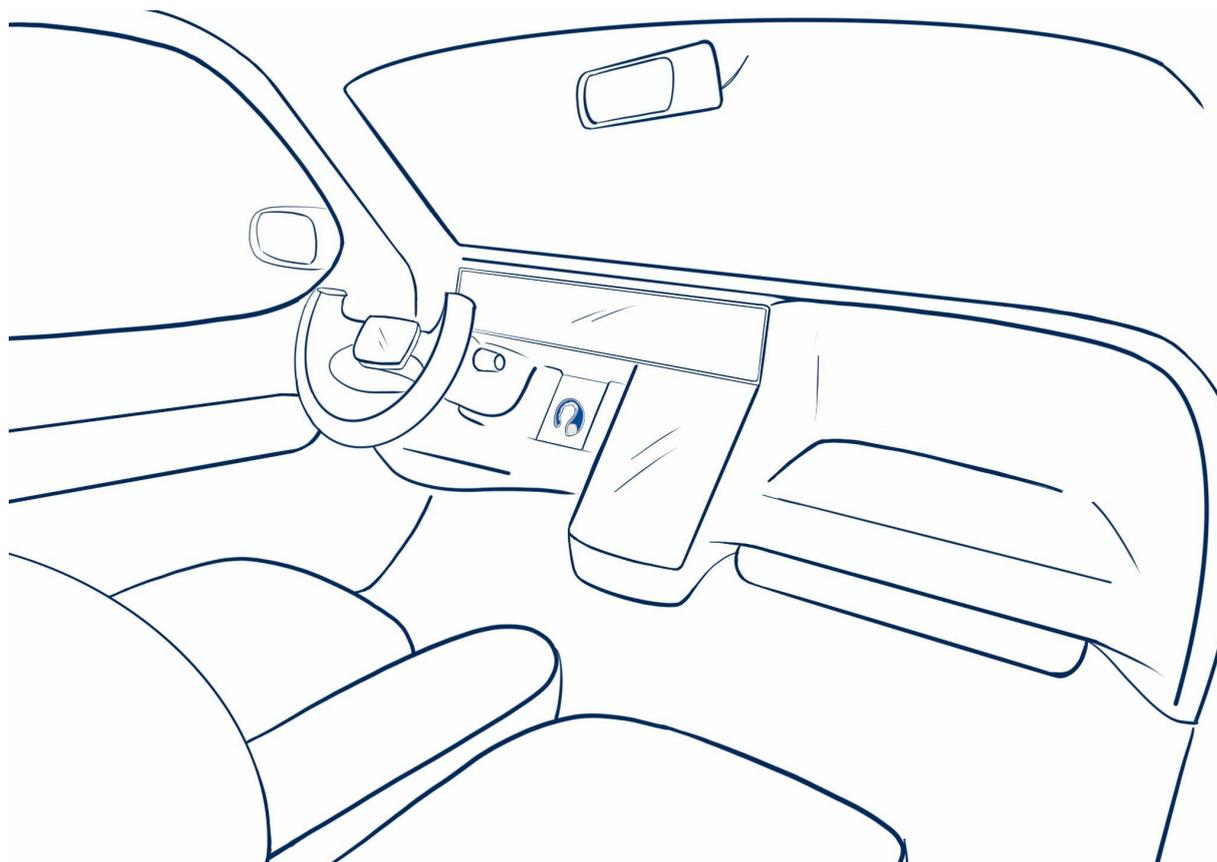


Figura 9.2 Schema delle funzionalità per ogni problematica suddiviso nelle fasi di intervento.



10. References

4 modi in cui gli incidenti stradali influenzano l'economia. (2016, settembre 20). *Insieme per strade più sicure*.

<https://www.togetherforsaferroads.org/it/4-modi-in-cui-gli-incidenti-stradali-hanno-un-impatto-sulleconomia/>

15a relazione annuale sull'indice delle prestazioni di sicurezza stradale (PIN) | ETSC.

(s.d.). Recuperato 16 luglio 2022, da

<https://etsc.eu/15th-annual-road-safety-performance-index-pin-report/>

ADAS. (s.d.). Recuperato 4 agosto 2022, da

https://road-safety.transport.ec.europa.eu/statistics-and-analysis/statistics-and-analysis-archive/miscellaneous/adas_en

Adas: Cosa sono, cosa fanno e quali sono i più tecnologici. (s.d.). La Gazzetta dello

Sport. Recuperato 12 giugno 2022, da

<https://www.gazzetta.it/motori/gazzettamotoridays/19-05-2021/adas-cosa-sono-cosa-fanno-quali-sono-piu-tecnologici-4101106468507.shtml>

ADAS Different Levels Explained. (2021, settembre 30). *Pitstop*.

<https://blog.getpitstop.com/adas-different-levels-explained/>

ADAS e accesso ai dati del veicolo: L'auto come un pc. (s.d.). Carrozzeria Autorizzata.

Recuperato 17 settembre 2022, da

<https://www.carrozzeriaautorizzata.com/approfondimenti/1699/adas-e-accesso-ai-dati-del-veicolo-lauto-come-un-pc>

Adhd, M. (2018, ottobre 20). ADHD E POSTICIPARE LA PATENTE AI GIOVANI ADULTI CON ADHD. *MONDO ADHD BLOG*.

<https://mondoadhd.blog/2018/10/20/adhd-e-posticipare-la-patente-ai-giovani-adulti-con-adhd/>

AI e automobili: Non solo guida autonoma. (2022, gennaio 5). AI4Business.

<https://www.ai4business.it/intelligenza-artificiale/ai-e-automobili-non-solo-guida-autonoma/>

Alice Turner's Bold Vision for Hearing Aid Design. (s.d.). Soundly. Recuperato 15 settembre 2022, da

<https://www.hearsoundly.com/guides/alice-turner-hearing-aid-design>

Along for the ride. (s.d.). <https://www.apa.org>. Recuperato 3 agosto 2022, da

<https://www.apa.org/monitor/2015/01/cover-ride>

ANSA, A. (2022, giugno 16). *Incidenti stradali: In Europa sono calati del 13% nel 2021 - Sicurezza*. ANSA.it.

https://www.ansa.it/canale_motori/notizie/sicurezza/2022/06/16/incidenti-stradali-in-europa-sono-calati-del-13-nel-2021_6654da79-a98b-4369-ac26-099e8582cbb8.html

Ansia alla guida: Italia nella Top 10 per neopatentati più stressati. (2022, gennaio 27).

SicurAUTO.it.

<https://www.sicurauto.it/news/blog/ansia-alla-guida-italia-nella-top-10-per-neopatentati-piu-stressati/>

Arena, F., Pau, G., & Severino, A. (2020). An Overview on the Current Status and Future Perspectives of Smart Cars. *Infrastructures*, 5, 53.

<https://doi.org/10.3390/infrastructures5070053>

Asmr, il potere dell'udito sulla mente. (s.d.). Recuperato 20 agosto 2022, da <https://psiche.santagostino.it/2019/03/27/asmr-quando-i-suoni-solleticano-la-mente>

astra, ad. (2018, settembre 3). Le auto a guida autonoma saranno sicure, le stiamo testando in un grande simulatore con.... *VISIONARI | Scienza e tecnologia al servizio delle persone.*

<https://medium.com/visionari/le-auto-a-guida-autonoma-saranno-sicure-le-stiamo-testando-in-un-grande-simulatore-con-a1ccfc99874b>

Auto a guida automatica: Profili assicurativi e di responsabilità civile. (2018, maggio 31). Altalex.

<https://www.altalex.com/documents/news/2018/05/31/auto-a-guida-automatica-profili-assicurativi-e-di-responsabilita-civile>

Auto a guida autonoma, cos'è, i livelli e quando sarà disponibile in Italia. (2022, maggio 8). AI4Business.

<https://www.ai4business.it/intelligenza-artificiale/auto-a-guida-autonoma-cosa-sono-e-come-funzionano/>

Auto a guida autonoma, intelligenza artificiale croce e delizia: Piattaforme ancora acerbe. (2022, marzo 31). CorCom.

<https://www.corrierecomunicazioni.it/digital-economy/auto-a-guida-autonoma-intelligenza-artificiale-croce-e-delizia-piattaforme-ancora-acerbe/>

Automotive. (2016, novembre 10). MIPI. <https://www.mipi.org/automotive>

AUTOMOTIVE - markets and product block. (s.d.). Tobii Tech. Recuperato 12 giugno 2022, da <https://tech.tobii.com/automotive-markets-and-product-block/>

- Barkley, R. A. (2004). Driving impairments in teens and adults with attention-deficit/hyperactivity disorder. *The Psychiatric Clinics of North America*, 27(2), 233–260. [https://doi.org/10.1016/S0193-953X\(03\)00091-1](https://doi.org/10.1016/S0193-953X(03)00091-1)
- Barp, M., & Mahl, Á. C. (2013). *AMAXOFOBIA: UM ESTUDO SOBRE AS CAUSAS DO MEDO DE DIRIGIR*. 4(1), 10.
- Benedetto, E., Talevi, L., & Renzi, M. (2020). *Definizione e validazione di un semplice montaggio EEG in-ear*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17320.90888>
- Bleichner, M. G., & Debener, S. (2017). Concealed, Unobtrusive Ear-Centered EEG Acquisition: CEEGrids for Transparent EEG. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00163>
- Blog | Automotive Italia, è proprio vero che l'Europa ne ha decretato la fine? (2022, giugno 9). *Econopoly*. <https://www.econopoly.ilsole24ore.com/2022/06/09/parlamento-europeo-automotive/>
- BMW:s nya växellåda ska stoppa dyra felväxlingar | Vi Bilägare*. (s.d.). Recuperato 21 agosto 2022, da <http://www.vibilagare.se/nyheter/physical-buttons-outperform-touchscreens-new-car-s-test-finds>
- Bota, P. J., Wang, C., Fred, A. L. N., & Plácido Da Silva, H. (2019). A Review, Current Challenges, and Future Possibilities on Emotion Recognition Using Machine Learning and Physiological Signals. *IEEE Access*, 7, 140990–141020. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2944001>
- Brands*. (s.d.). Shokz. Recuperato 21 agosto 2022, da <https://shokz.com/pages/our-story>

Canalys Insights—Qualcomm moves into the fast lane of the automotive industry. (s.d.).

Recuperato 12 luglio 2022, da

<https://www.canalys.com/insights/Qualcomm-moves-into-the-fast-lane-of-the-automotive-industry>

Canalys Insights—Retailers retain the edge in the developing IoT market... For now.

(s.d.). Recuperato 12 luglio 2022, da

<https://www.canalys.com/insights/For-now-retailers-retain-the-edge-in-the-developing-IoT-market>

Canalys—Intelligent Vehicle Analysis. (s.d.). Recuperato 12 luglio 2022, da

<https://www.canalys.com/analysis/intelligent-vehicle>

Celebrating 20 years—Global leader in eye tracking—Tobii. (2015, aprile 27).

[Information]. <https://www.tobii.com/>

Cerfedà, M. (2021, aprile 4). Guida autonoma livelli 0, 1, 2, 3, 4, 5! Cosa è, come funziona. *NEWSAUTO.it*.

<https://www.newsauto.it/notizie/guida-autonoma-livelli-come-2021-140786/>

Chen, J., Taylor, J. E., & Comu, S. (2017). Assessing Task Mental Workload in Construction Projects: A Novel Electroencephalography Approach. *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(8), 04017053.

[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001345](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001345)

Classifica Incidenti stradali: Cause, statistiche e dati ACI e ISTAT. (2022, maggio 25).

Assicurazioni Online 6sicuro.

<https://www.6sicuro.it/blog/classifica-incidenti-stradali-cause-statistiche/>

Come funziona la frenata automatica o Aeb. (2020, novembre 30). *Fleet Magazine*.

<https://www.fleetmagazine.com/frenata-automatica-emergenza-pedoni/>

Come Funziona l'Eye Tracking. (2022, marzo 14). *Francesco Balsamo*.

<http://francescobalsamo.it/come-funziona-leye-tracking>

Come funzionano le cuffie a conduzione ossea. (s.d.). Recuperato 17 agosto 2022, da

<https://tecnologia.libero.it/come-funzionano-le-cuffie-a-conduzione-ossea-14501>

Come rendere la tua auto più intelligente con un adattatore OBD-II. (s.d.).

it.phhsnews.com. Recuperato 17 settembre 2022, da

<https://it.phhsnews.com/how-to-make-your-car-smarter-with-an-obd-ii-adapter4134>

Common Causes of Distracted Driving | LE. (2021, marzo 25). Langdon & Emison.

<https://www.langdonemison.com/blog/common-causes-of-distracted-driving>

Control a Car Using the Power of Your Brain | GetJerry.com. (s.d.). Recuperato 12

agosto 2022, da <https://getjerry.com/auto-news/control-car-using-power-brain>

Cos'è ISA, il nuovo sistema elettronico obbligatorio sulle auto dal 6 luglio. (2022, luglio 5).

<https://tecnologia.libero.it/cos-e-isa-intelligent-speed-assistance-obbligatorio-6-luglio-2022-58672>

Dahlberg, J. (2010). *Eye Tracking with Eye Glasses.*

<http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:umu:diva-32868>

Dimitri, S. (s.d.). *Caratterizzazione di un dispositivo per eye tracking e successivo utilizzo in ambiente di guida simulata.* 102.

Distracted Driving Accidents: Common Causes and What to Do. (2021, giugno 29).

Hardy Wolf & Downing.

<https://www.hardywolf.com/news/what-are-the-most-common-causes-of-distracted-driving-accidents/>

Distrazione – Occhi solo sulla strada. (s.d.). UPI. Recuperato 7 marzo 2022, da

<https://www.bfu.ch/it/consigli/distrazione-nella-circolazione-stradale>

Distrazioni al volante: L'indagine sugli automobilisti in Europa. (2020, luglio 22).

SicurAUTO.it.

<https://www.sicurauto.it/news/attualita-e-curiosita/distrazioni-al-volante-lindagine-sugli-automobilisti-in-europa/>

Ecco dove ci sono più auto pro capite in Europa. La classifica. (s.d.). Motor1.com.

Recuperato 16 luglio 2022, da

<https://it.motor1.com/news/592266/classifica-europea-auto-per-persona/>

Ecco i quattro tipi di distrazione al volante che possono causare danni seri. (2022,

maggio 27). Tribuna di Treviso.

<https://tribunatreviso.gelocal.it/treviso/cronaca/2022/05/27/news/ecco-i-quattro-tipi-di-distrazione-al-volante-che-possono-causare-danni-seri-1.41471969>

El rol de los profesores de formación vial en casos de amaxofobia. (s.d.). 12.

Esitazione nel condurre mezzi: Parliamo di amaxofobia, la paura di guidare. (2021,

ottobre 6). *Emergency Live.*

<https://www.emergency-live.com/it/salute-e-sicurezza/esitazione-nel-condurre-i-mezzi-parliamo-di-amaxofobia-la-paura-di-guidare/>

Essilor. (s.d.). *Vista nei conducenti giovani: Perché preoccuparsi? | Essilor Italia.*

Essilor. Recuperato 9 agosto 2022, da

<https://www.essiloritalia.it/common-content-library/website-content-types/content-su>

[b-categories-content-hubs-and-articles/vista-e-eta/content-article-pages/perche-e-i-giovani-devono-essere-consapevoli-dell-importanza-di-una-buona-visione-sulla-strada](https://www.etsc.eu/b-categories-content-hubs-and-articles/vista-e-eta/content-article-pages/perche-e-i-giovani-devono-essere-consapevoli-dell-importanza-di-una-buona-visione-sulla-strada)

ETSC | Consiglio europeo per la sicurezza dei trasporti. (s.d.). Recuperato 14 luglio 2022, da <https://etsc.eu/>

ETSC | European Transport Safety Council. (s.d.). Recuperato 14 luglio 2022, da <https://etsc.eu/>

Eye tracking solutions for the vehicle lifecycle | Tobii. (2021, maggio 8). [Information]. <https://www.tobii.com/group/about/business-units-and-fields-of-use/tobii-automotive/>

F2innovation, & Valente, G. (2020, novembre 12). *Cos'è l'OBD2 e come fare l'autodiagnosi della tua vettura.* Newstreet. <https://www.newstreet.it/comprare/obd2-cosa-e-come-funziona-autodiagnosi-automobile/>

Fatal road accidents in EU regions. (s.d.). Recuperato 26 giugno 2022, da <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/edn-20211121-1>

FORD MINDFULNESS CONCEPT CAR. (s.d.). Concessionaria Ford ufficiale. Carpoint SA Giubiasco. Recuperato 21 agosto 2022, da <https://ford.carpoint.ch/news/details/3553/ford-mindfulness-concept-car>

Fu, X., Nie, Q., Liu, J., Zhang, Z., & Jones, S. (2022). How do college students perceive future shared mobility with autonomous Vehicles? A survey of the University of Alabama students. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 11(2), 189–204. <https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2021.11.006>

Future of autonomous vehicles depends on driver attitudes. (s.d.). SearchEnterpriseAI.

Recuperato 4 agosto 2022, da

<https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/feature/Future-of-autonomous-vehicles-depends-on-driver-attitudes>

Garbarino, S. (2008). *Disturbi del sonno ed incidenti stradali nell'autotrasporto.*

Giorgi, A. (2018, giugno 20). Come funziona IFTTT | cos'è, come si usa e cosa farci.

Smartdomotica.

<https://www.smartdomotica.it/come-funziona-ifttt-cosa-e-come-si-usa>

Gli aspetti psicologici alla base degli incidenti automobilistici—In Primo Piano—CCISS.

(s.d.). Recuperato 4 giugno 2022, da

<https://www.cciiss.it/web/cciss/-/gli-aspetti-psicologici-alla-base-degli-incidenti-automobilistici>

Gli aspetti psicologici degli incidenti stradali—Conosco Imparo Prevengo. (s.d.).

Recuperato 11 giugno 2022, da

<https://www.conoscoimparoprevengo.org/gli-aspetti-psicologici-degli-incidenti-stradali.html>

Guida autonoma: ADAS e nuovi livelli SAE. (2019, settembre 5). Maldarizzi Automotive

S.p.A. <https://www.maldarizzi.com/guida-autonoma-livelli-sae-adas/>

GuidarePilotare Eye Tracking Applicato Alla Guida Sicura. (2016, giugno 7).

<https://www.gommeblog.it/corsi-di-guida-auto/78920/guidarepilotare-eye-tracking/>

Hamad, K., & Alozi, A. R. (2022). Shared vs. dedicated lanes for automated vehicle deployment: A simulation-based assessment. *International Journal of*

Transportation Science and Technology, 11(2), 205–215.

<https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2022.03.001>

Han, S. A., Naqi, M., Kim, S., & Kim, J. H. (2022). All-day wearable health monitoring system. *EcoMat*, 4(4), e12198. <https://doi.org/10.1002/eom2.12198>

Happy Ring. (s.d.). Recuperato 25 agosto 2022, da <https://www.happyring.com/>

Hodzen, E. (s.d.). *What the future holds for ADAS control systems*. Recuperato 4 agosto 2022, da

<https://www.lhpes.com/blog/what-the-future-holds-for-adas-control-systems>

IL 41% DEGLI INCIDENTI STRADALI DOVUTO A DISTRAZIONE. (2021, marzo 30). *GreenVulcano Technologies*.

<https://www.greenvulcano.com/it/distrazione-al-volante-causa-incidenti-stradali/>

Il sonno al volante. (2016, luglio 11).

<http://www.aci.it/laci/sicurezza-stradale/guida-e-sonnolenza/il-sonno-al-volante.html>

In Italia siamo sempre meno, ma le auto sono 3 milioni in più. (s.d.). Motor1.com.

Recuperato 15 luglio 2022, da

<https://it.motor1.com/news/510798/auto-parco-circolante-2020/>

Incidenti stradali: 3 su 4 sono causati dalla distrazione. (2016, ottobre 12). Assicurazioni

Online 6sicuro.

<https://www.6sicuro.it/incidente-stradale/incidenti-stradali-causa-distrazione/>

Incidenti stradali, cosa può fare l'IA per ridurli? Stato dell'arte e aspettative. (2022,

maggio 16). *Agenda Digitale*.

<https://www.agendadigitale.eu/cultura-digitale/incidenti-stradali-cosa-puo-fare-lia-per-ridurli-stato-dellarte-e-aspettative/>

INCIDENTI STRADALI: E' LA DISTRAZIONE LA CAUSA PRINCIPALE. (2016a, dicembre 22). Anas S.p.A.

<https://www.stradeanas.it/it/incidenti-stradali-e%E2%80%99-la-distrazione-la-causa-principale>

INCIDENTI STRADALI: E' LA DISTRAZIONE LA CAUSA PRINCIPALE. (2016b, dicembre 22). Anas S.p.A.

<https://www.stradeanas.it/en/incidenti-stradali-e%E2%80%99-la-distrazione-la-causa-principale>

Incidenti stradali: Ecco quanto smartphone o pianto aumentano la possibilità di scontro.

(s.d.). asaps.it. Recuperato 7 marzo 2022, da

https://www.asaps.it/74216-_incidenti_stradali_ecco_quanto_smartphone_o_pianto_aumentano_la_possibilita_di.html

Incidenti stradali in Europa: +5% vittime nel 2021. (2022, marzo 30). SicurAUTO.it.

<https://www.sicurauto.it/news/attualita-e-curiosita/incidenti-stradali-in-europa-5-vittime-nel-2021/>

Incidenti stradali nell'Unione Europea: 20 mila morti nel 2021, in calo del 13%. (s.d.).

La Gazzetta dello Sport. Recuperato 15 settembre 2022, da

<https://www.gazzetta.it/Motori/22-06-2022/incidenti-stradali-unione-europea-20-mila-morti-2021-calo-13.shtml>

Incidenti stradali—Anno 2020. (s.d.). 23.

Infografica20luglio2020-01.jpg (8001×4501). (s.d.). Recuperato 14 luglio 2022, da

https://www.aci.it/fileadmin/documenti/studi_e_ricerche/dati_statistiche/incidenti/infografica20luglio2020-01.jpg

ISA obbligatorio dal 2022: Ecco i requisiti tecnici dell'UE. (2022, luglio 6). SicurAUTO.it.

<https://www.sicurauto.it/news/sistemi-di-sicurezza/isa-obbligatorio-dal-2022-ecco-i-requisiti-tecnici-dellue/>

Italia, G. (s.d.). *Nuove tecnologie per sicurezza in auto.* Recuperato 2 agosto 2022, da <https://www.generali.it/magazine/auto/le-nuove-tecnologie-per-la-sicurezza-al-volante>

Jacobs, A. S., Pfitscher, R. J., Ferreira, R. A., & Granville, L. Z. (2018). Refining Network Intents for Self-Driving Networks. *Proceedings of the Afternoon Workshop on Self-Driving Networks*, 15–21. <https://doi.org/10.1145/3229584.3229590>

Kazazi, J., Winkler, S., & Vollrath, M. (2015). Accident Prevention through Visual Warnings: How to Design Warnings in Head-up Display for Older and Younger Drivers. *Proceedings of the 2015 IEEE 18th International Conference on Intelligent Transportation Systems*, 1028–1034. <https://doi.org/10.1109/ITSC.2015.171>

Khan, M. Q., & Lee, S. (2019). Gaze and Eye Tracking: Techniques and Applications in ADAS. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 19(24), 5540. <https://doi.org/10.3390/s19245540>

Kundinger, T., Riener, A., Sofra, N., & Weigl, K. (2018). Drowsiness Detection and Warning in Manual and Automated Driving: Results from Subjective Evaluation. *Proceedings of the 10th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*, 229–236. <https://doi.org/10.1145/3239060.3239073>

La patente a 18 anni? Non è più una priorità. (s.d.). Famiglia Cristiana. Recuperato 8 agosto 2022, da

[//www.famigliacristiana.it/articolo/la-patente-a-18anni-non-e-piu-una-priorita.aspx](http://www.famigliacristiana.it/articolo/la-patente-a-18anni-non-e-piu-una-priorita.aspx)

LA PSICOLOGIA DEL TRAFFICO. (2016, aprile 15).

<https://webmagazine.unitn.it/formazione/9287/la-psicologia-del-traffico>

La strada del futuro: Un investimento in sicurezza. (2021, ottobre 12). Strade & Autostrade Online.

<https://www.stradeeautostrade.it/traffico-mobilita/la-strada-del-futuro-un-investimen-to-in-sicurezza/>

Langlois, S. (2013). ADAS HMI using peripheral vision. *Proceedings of the 5th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications - AutomotiveUI '13*, 74–81. <https://doi.org/10.1145/2516540.2516558>

L'Autostrada A1 diventa Smart Road: Parte la sperimentazione su 52 km. (2022, luglio 26). SicurAUTO.it.

<https://www.sicurauto.it/news/attualita-e-curiosita/lautostrada-a1-diventa-smart-road--parte-la-sperimentazione-su-52-km/>

Le auto a guida autonoma a rischio attacco hacker: L'allarme dell'agenzia europea. (2022a, marzo 25). Radio m2o.

<https://www.m2o.it/articoli/le-auto-a-guida-autonoma-a-rischio-attacco-hacker-lallarme-dellagenzia-europea/>

Le auto a guida autonoma a rischio attacco hacker: L'allarme dell'agenzia europea. (2022b, marzo 25). Radio m2o.

<https://www.m2o.it/articoli/le-auto-a-guida-autonoma-a-rischio-attacco-hacker-lallarme-dellagenzia-europea/>

Le cattive abitudini dei giovani alla guida Ambrostore S.P.A. (s.d.). Ambrostore S.P.A.

Recuperato 8 agosto 2022, da

<https://www.ambrostore.it/eventi-e-news/news-ford/le-cattive-abitudini-dei-giovani-alla-guida/>

Le distrazioni da smartphone al volante e la tecnologia che può contrastarle. (2019, luglio 24). *Blog* *Linear*.

<https://blog.linear.it/viaggiare-in-sicurezza/le-distrazioni-da-smartphone-al-volante-e-la-tecnologia-che-puo-contrastarle/>

Le statistiche sugli incidenti stradali mortali nell'UE (infografica) | Attualità | Parlamento europeo. (2019, aprile 15).

<https://www.europarl.europa.eu/news/it/headlines/society/20190410STO36615/le-statistiche-sugli-incidenti-stradali-mortali-nell-ue-infografica>

LeddarVision Sensor Fusion and Perception e-book—LeddarTech. (s.d.). LeddarTech.

Recuperato 4 agosto 2022, da

<https://leddartech.com/sensor-fusion-and-perception-e-book/>

Lenovo smart glasses create a virtual big screen on the go. (2022, settembre 5). New Atlas.

<https://newatlas.com/wearables/lenovo-glasses-t1-virtual-big-screen-wearable-display/>

Li, T., & Zhou, X. (2018). Battery-Free Eye Tracker on Glasses. *Proceedings of the 24th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking*, 67–82.

<https://doi.org/10.1145/3241539.3241578>

Lin, Y.-P., Wang, C.-H., Jung, T.-P., Wu, T.-L., Jeng, S.-K., Duann, J.-R., & Chen, J.-H. (2010). EEG-Based Emotion Recognition in Music Listening. *IEEE Transactions on*

Biomedical Engineering, 57(7), 1798–1806.

<https://doi.org/10.1109/TBME.2010.2048568>

MAM. (s.d.). *Tutti gli Orecchini & gli Earcuff*. MAM® IT. Recuperato 15 settembre 2022, da

<https://it.mamoriginals.com/blogs/tendenze/gioielli-sostenibili-orecchini-unic>

Masola, A., Gabbi, C., Castellano, A., Capodieci, N., & Burgio, P. (2020). Graphic Interfaces in ADAS: From requirements to implementation. *Proceedings of the 6th EAI International Conference on Smart Objects and Technologies for Social Good*, 193–198. <https://doi.org/10.1145/3411170.3411259>

Mele, M. L., & Federici, S. (2012). Gaze and eye-tracking solutions for psychological research. *Cognitive Processing*, 13(S1), 261–265.

<https://doi.org/10.1007/s10339-012-0499-z>

Miller, K., Chng, S., & Cheah, L. (2022). Understanding acceptance of shared autonomous vehicles among people with different mobility and communication needs. *Travel Behaviour and Society*, 29, 200–210.

<https://doi.org/10.1016/j.tbs.2022.06.007>

MIPI Alliance Completes Development of A-PHY v1.1, Doubling Maximum Data Rate and Adding New Options to Automotive SerDes Interface. (2021, ottobre 8). MIPI.

<https://www.mipi.org/mipi-alliance-completes-development-a-phy-v1-1-doubling-data-rate-adding-to-automotive-serdes-interface>

Mobilità del futuro: Non solo guida autonoma. (s.d.). Recuperato 9 giugno 2022, da

<https://www.alvolante.it/news/mobilita-del-futuro-non-solo-guida-autonoma-376341>

Morti e feriti in incidenti stradali. (s.d.). Recuperato 17 luglio 2022, da http://dati.istat.it/Index.aspx?DataSetCode=DCIS_MORTIFERITISTR1

Motori, Q. N. (2022, febbraio 22). Dalla guida autonoma alla cybersecurity, 5 concetti per viaggiare in sicurezza con le auto del futuro. *QN Motori*. <http://motori.quotidiano.net/autoguidaautonoma/dalla-guida-autonoma-alla-cybersecurity-5-concetti-viaggiare-sicurezza-le-auto-del-futuro.htm>

Nast, C. (2018, giugno 29). *Lowdown Focus, gli occhiali smart di Smith per il training cognitivo.* Wired Italia. <https://www.wired.it/lifestyle/design/2018/06/29/lowdown-focus-occhiali-training-cognitivo/>

Nast, C. (2021, gennaio 25). *Ecommerce, startup e industria 4.0: Il piano di Safilo per crescere nel digitale.* Wired Italia. <https://www.wired.it/economia/business/2021/01/25/safilo-ecommerce-startup-digitali/>

Nicolaci, F. (2021, luglio 30). *Guidare assonnato è pericoloso quanto guidare ubriaco? Materassi e Doghe.* <https://www.materassiedoghe.eu/salute-e-riposo/guidare-assonnato-e-pericoloso-quanto-guidare-ubriaco>

Notizia. (2022, maggio 27). http://www.aci.it/archivio-notizie/notizia.html?tx_ttnews%5Btt_news%5D=2435&cHash=a6c3aa6ca7df16ef772e64bceddfdf71

Nuovi standard di sicurezza veicoli: - 25 mila vittime entro il 2038. (2022, luglio 11). SicurAUTO.it.

<https://www.sicurauto.it/news/sistemi-di-sicurezza/nuovi-standard-di-sicurezza-veicoli-25-mila-vittime-entro-il-2038/>

Nurio | *Informazioni*. (s.d.). Recuperato 12 agosto 2022, da <http://www.nurio.info/>

Obiettivo Europa: Il 54% delle auto nel 2030 avrà sistemi avanzati di assistenza. (2021, aprile 27). *la Repubblica*.
https://www.repubblica.it/motori/sezioni/attualita/2021/04/27/news/sempreru_adas_per_la_sicurezza_dell_auto_del_futuro-298320276/

Parco auto circolante italiano: I tempi per il rinnovamento. (2021, ottobre 25). *Fleet Magazine*.
<https://www.fleetmagazine.com/parco-auto-circolante-italiano-tempi-rinnovamento/>

Patente di guida, in Italia solo 1 su 4 la prende appena compiuti 18 anni. (s.d.). *Motori Fanpage*. Recuperato 8 agosto 2022, da
<https://motori.fanpage.it/patente-di-guida-in-italia-solo-1-su-4-la-prende-appena-compiuti-18-anni/>

Peng, Y., Xu, Q., Lin, S., Wang, X., Xiang, G., Huang, S., Zhang, H., & Fan, C. (2022). The Application of Electroencephalogram in Driving Safety: Current Status and Future Prospects. *Frontiers in Psychology*, 13.
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2022.919695>

Pro, T. (2020, febbraio 6). *Latest in wearable eye tracking | Choose Tobii Pro Glasses 3* [Information]. <https://www.tobiipro.com/product-listing/tobii-pro-glasses-3/>

Quali sono le distrazioni più comuni alla guida? - Info Utili. (2021, luglio 5). *Icon Wheels*.
<https://wheels.iconmagazine.it/info-utili/quali-sono-distrazioni-comuni-guida>

- Ramsey, S. (s.d.). *Car ownership report*. Recuperato 14 settembre 2022, da <https://www.confused.com/car-insurance/car-ownership-report>
- Ravina, A. (2018, luglio 6). *La percezione del rischio alla guida di un'autovettura*. *Safety & Security Magazine*. <https://www.safetysecuritymagazine.com/articoli/la-percezione-del-rischio-alla-guida-di-unautovettura/>
- Rebooting Autonomous Driving | Accenture*. (s.d.). Recuperato 3 agosto 2022, da <https://www.accenture.com/us-en/insights/automotive/rebooting-autonomous-driving>
- Rocchi, di R. (s.d.). *La paura di guidare: Amaofofia, malattia sconosciuta ma diffusa fra i conducenti d'auto*. 3.
- Ryder, B., & Wortmann, F. (2017). Autonomously detecting and classifying traffic accident hotspots. *Proceedings of the 2017 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2017 ACM International Symposium on Wearable Computers*, 365–370. <https://doi.org/10.1145/3123024.3123199>
- Salese, S. (s.d.). *Eye tracking: Metriche e linee guida per una comunicazione efficace*. Recuperato 24 maggio 2022, da <https://blog.advmedialab.com/eye-tracking-metriche-linee-guida>
- Schneiders, E., Kristensen, M. B., Svangren, M. K., & Skov, M. B. (2020). Temporal Impact on Cognitive Distraction Detection for Car Drivers using EEG. *32nd Australian Conference on Human-Computer Interaction*, 594–601. <https://doi.org/10.1145/3441000.3441013>

Sensing and Computing for ADAS Vehicle 2020. (s.d.). i-Micronews. Recuperato 4 agosto 2022, da

<https://www.i-micronews.com/products/sensing-and-computing-for-adas-vehicle-2020/>

Sensori della massa dell'aria—Guasti, danni e controllo. (s.d.). Technipedia. Recuperato 21 agosto 2022, da

<https://www.ms-motorservice.com/it/technipedia/post/sensori-della-massa-dellaria/>

Sharif, M., Mercelis, S., Van Den Bergh, W., & Hellinckx, P. (2017). Towards Real-time Smart Road Construction: Efficient Process Management through the Implementation of Internet of Things. *Proceedings of the International Conference on Big Data and Internet of Thing - BDIOT2017*, 174–180.

<https://doi.org/10.1145/3175684.3175721>

Shokz Official | The Professional Bone Conduction Headphones Pioneer. (s.d.). Shokz. Recuperato 21 agosto 2022, da <https://shokz.com/>

Shope, J. T. (2006). Influences on youthful driving behavior and their potential for guiding interventions to reduce crashes. *Injury Prevention*, 12(suppl 1), i9–i14.

<https://doi.org/10.1136/ip.2006.011874>

SMART ROAD: ANAS PORTA L'ITALIA VERSO LA MOBILITÀ DEL FUTURO. (2021, febbraio 9). Anas S.p.A.

<https://www.stradeanas.it/it/smart-road-anas-porta-l-italia-verso-la-mobilita-del-futur>

[o](#)

Smart road, che cosa sono le strade intelligenti del futuro e a che punto siamo in Italia. (2022, aprile 11). *Economyup*.

<https://www.economyup.it/mobilita/smart-road-che-cosa-sono-le-strade-intelligenti-del-futuro-e-a-che-punto-siamo-in-italia/>

Smart road in Italia: Che cos'è «Arena del futuro», progetto internazionale per l'autostrada a zero emissioni. (2022, giugno 13). *Economyup*.
<https://www.economyup.it/automotive/smart-road-in-italia-che-cose-arena-del-futuro-progetto-internazionale-per-lautostrada-a-zero-emissioni/>

Song, V. (2022, agosto 24). *This smart mood ring is supposed to monitor mental health—Without changing colors.* The Verge.
<https://www.theverge.com/2022/8/24/23318664/happy-ring-smart-ring-wearables-mental-health>

Sonnolenza alla guida. (2019, novembre 12). *Sonnomed*.
<https://sonnomed.it/2019/11/12/sonnolenza-alla-guida/>

Staff, E. (2022, maggio 18). Automotive electronics revolution requires faster, smarter interfaces. *Embedded.com*.
<https://www.embedded.com/automotive-electronics-revolution-requires-faster-smarter-interfaces/>

STORE, R.-B. (s.d.). *Occhiali Smart Ray-Ban® Stories | Ray-Ban®*. Recuperato 27 agosto 2022, da <https://www.ray-ban.com/italy/ray-ban-stories>

Stress/carico/distrazione. (s.d.). Recuperato 21 luglio 2022, da <https://www.dekra-roadsafety.com/it/stress-carico-distrazione/>

Testi approvati—Quadro strategico dell'UE in materia di sicurezza stradale 2021-2030 – Raccomandazioni sulle prossime tappe verso l'obiettivo «zero vittime»—Mercoledì 6

ottobre 2021. (s.d.). Recuperato 5 agosto 2022, da https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2021-0407_IT.html

TG24, S. (s.d.). *Guida autonoma, via libera alle auto senza conducente in Ue dal 14/07.*

Recuperato 5 agosto 2022, da <https://tg24.sky.it/tecnologia/2022/07/05/guida-autonoma-auto-senza-conducente-ue>

The psychology of driving: 6 ways to stay stress-free on the roads. (2022, marzo 14).

Vitality Magazine.
<https://magazine.vitality.co.uk/the-psychology-of-driving-6-ways-to-stay-stress-free-on-the-roads/>

The rise and fall of the ADAS promise now disrupted by AVs. (2021, febbraio 1).

i-Micronews.
<https://www.i-micronews.com/the-rise-and-fall-of-the-adas-promise-now-disrupted-by-avs/>

Tobii Pro Glasses 3 Product Description v1.10. (s.d.). 1, 29.

TOBII PRO GLASSES3: Understanding why behind human behaviour. (2020, giugno 3).

SR Labs srl.
<https://www.srlabs.it/tobii-pro-glasses3-understanding-human-behaviour/>

Tracciare un ECG con l'app ECG su Apple Watch. (s.d.). Apple Support. Recuperato 10 luglio 2022, da <https://support.apple.com/it-it/HT208955>

Transport—Road accidents—OECD Data. (s.d.). theOECD. Recuperato 26 giugno 2022, da <http://data.oecd.org/transport/road-accidents.htm>

Try a Different Way to Listen with Bone Conduction Headset. (s.d.). GizModern.

Recuperato 15 settembre 2022, da

<https://gizmodern.com/products/try-a-different-way-to-listen-with-bone-conduction-earphones>

Tseng, W.-T., Sun, M.-T., Sakai, K., & Wang, W. (2019). Turn Prediction for Special Intersections and Its Case Study. *Proceedings of the 48th International Conference on Parallel Processing: Workshops*, 1–9. <https://doi.org/10.1145/3339186.3339190>

Van Elslande, P., Jaffard, M., Fouquet, K., & Vatonne, V. (2008). Variety of attentional failures in traffic accidents. *Proceedings of the 15th European Conference on Cognitive Ergonomics the Ergonomics of Cool Interaction - ECCE '08*, 1. <https://doi.org/10.1145/1473018.1473030>

Vehicle Technology. (s.d.). Recuperato 2 agosto 2022, da <https://www.ces.tech/Topics/Automotive/Vehicle-Technology.aspx>

Verma, I. K., Nayak, B. K., & Karmakar, S. (2022). *Effect of mobile-phone position on the visual and driving behavior: A LCT based study* [Preprint]. In Review. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1426136/v1>

Volete sapere quali sono i paesi europei con il più alto numero di automobili pro capite? (2022, luglio 11). la Repubblica. https://www.repubblica.it/motori/sezioni/thebest/2022/07/11/news/i_10_paesi_europei_con_il_piu_alto_numero_di_automobili_pro_capite-355124584/

von Behren, S., Chlond, B., & Vortisch, P. (2022). Exploring the role of individuals' attitudes in the use of on-demand mobility services for commuting – A case study in eight Chinese cities. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 11(2), 229–242. <https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2021.03.008>

- Wang, P., Fu, Y., Zhang, J., Wang, P., Zheng, Y., & Aggarwal, C. (2018). You Are How You Drive: Peer and Temporal-Aware Representation Learning for Driving Behavior Analysis. *Proceedings of the 24th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining*, 2457–2466. <https://doi.org/10.1145/3219819.3219985>
- Weigl, K., Eisele, D., & Riener, A. (2022). Estimated years until the acceptance and adoption of automated vehicles and the willingness to pay for them in Germany: Focus on age and gender. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 11(2), 216–228. <https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2022.03.006>
- What is the ISO 26262 Functional Safety Standard?* (s.d.). Recuperato 1 agosto 2022, da <https://www.ni.com/it-it/innovations/white-papers/11/what-is-the-iso-26262-functional-safety-standard-.html>
- Why we are the global leader in eye tracking—About Tobii.* (2015, ottobre 14). [Information]. <https://www.tobii.com/group/about/>
- With traffic deaths on the rise, psychologists are being called on to make driving safer.* (s.d.). <https://www.apa.org>. Recuperato 3 agosto 2022, da <https://www.apa.org/monitor/2022/06/feature-traffic-safety>
- Wolfe, B., Kosovicheva, A., Stent, S., & Rosenholtz, R. (2021). Effects of temporal and spatiotemporal cues on detection of dynamic road hazards. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 6(1), 80. <https://doi.org/10.1186/s41235-021-00348-4>
- Workplace Enterprise Solutions. (s.d.). *EMOTIV*. Recuperato 16 agosto 2022, da <https://www.emotiv.com/workplace-wellness-safety-and-productivity-mn8/>