

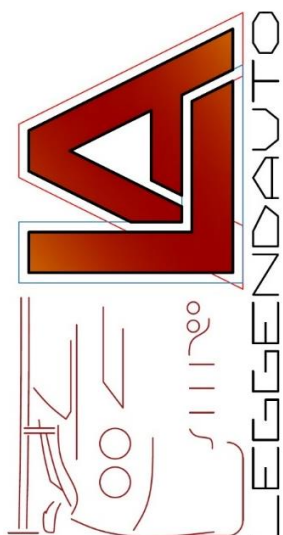
# The Autonomous Driving

## *Analisi della Guida Autonoma*

*Filippo Miotto*

[leggendaauto@gmail.com](mailto:leggendaauto@gmail.com)

<https://leggendaauto.com>



*Pubblicato il 29/01/2022*

*Auto che fanno parte della leggenda,  
o che ne faranno parte.*

Questa pagina è lasciata bianca intenzionalmente.

---

*Auto che fanno parte della leggenda,  
o che ne faranno parte.*



## LEGGENDAUTO

*Auto che fanno parte della leggenda,  
o che ne faranno parte.*

Il Progetto **LegendAuto®** nasce per la **diffusione della Cultura dell'Automobile**, toccando gli aspetti della Storia, della Tecnica, della Scienza, della Passione, del Turismo, e di quanto altro ognuno di noi può trovare in essa.

***LegendAuto® è un marchio registrato. Tutti i diritti sono riservati. All rights reserved.***

Per informazioni e contatti:

Dott. Ing. Filippo Miotto

Email: [leggendauto@gmail.com](mailto:leggendauto@gmail.com)

Web: <https://leggendauto.com>

---

*Auto che fanno parte della leggenda,  
o che ne faranno parte.*

# The Autonomous Driving

## *Analisi della Guida Autonoma*

*di Filippo Miotto, Pubblicato il 29/01/2022.*

### Sommario

Premessa.....	6
Una visione dal Passato: il Futuro delle macchine senzienti. ....	7
I 5 livelli di guida autonoma. ....	9
Il livello 0.....	11
Il livello 1.....	12
Il Livello 2.....	14
Il Livello 3.....	14
Il Livello 4.....	15
Il Livello 5.....	16
Dettagli sul Livello 4 e 5 di guida autonoma. ....	17
Il nuovo concetto di mobilità del Livello 5. ....	17
L'A.I. e i sistemi per svilupparla e per interfacciarsi con l'utente. ....	18
La ricostruzione virtuale dell'ambiente circostante: dal 3D al 4D.....	18
La valutazione del Rischio e la scelta fatta dalla A.I.. ....	19
Come impara l'A.I. ....	22
L'interfaccia con l'utente .....	23
L'unità centrale di comando e controllo.....	25
I sensori dei modelli al Livello 4 e 5.....	25
Il Sistema di Posizionamento.....	26
RADAR 4D. ....	28
LiDAR.....	28
Rilevatore di suoni .....	29

Telecamere .....	29
Sistema di comunicazione tra veicoli e con l'ambiente circostante.....	30
Pro e Contro della guida autonoma.....	31
Il problema etico. ....	31
Affidabilità Etica e Responsabilità nella guida autonoma.....	33
Etica e Affidabilità della Guida Autonoma.....	33
Responsabilità nella Guida Autonoma. ....	34
L'aspetto ambientale e la possibile riduzione di consumi .....	36
E il piacere di guida?.....	36
Conclusioni.....	37
Bibliografia. ....	37
Pubblicazione.....	38

## Premessa.

Il presente documento è da ritenersi il resoconto di una ricerca condotta dal dott. Ing. Filippo Miotto e associata al Progetto **LeggendAuto®**.

La ricerca è stata condotta in autonomia, senza alcun tipo di vincolo o impedimento.

Quanto indicato nel presente documento è il risultato di una elaborazione dei contenuti disponibili ai link e nei documenti citati.

Quanto pubblicato nel seguito è disponibile gratuitamente sul sito  
<https://leggendauto.com>

Se ravvisate una qualsiasi violazione del Diritto di Autore, siete gentilmente invitati a segnalarlo all'autore:

Dott. Ing. Filippo Miotto

Email: [leggendauto@gmail.com](mailto:leggendauto@gmail.com)

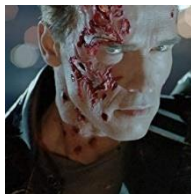
Web: <https://leggendauto.com>

I documenti indicati come non idonei o lesivi del Diritto di Autore saranno così rimossi dal presente documento.

## Una visione dal Passato: il Futuro delle macchine senzienti.

La fantascienza, molte volte, si è dimostrata un'anticipatrice delle future tecnologie.

In alcuni casi ci ha messo in guardia rispetto alle loro capacità e intenzioni:



*<<... The system goes online August 4th, 1997. Human decisions are removed from strategic defense. Skynet begins to learn at a geometric rate. It becomes self-aware at 2:14 a.m. Eastern time, August 29th. ...>>*

(The Terminator, in [‘Terminator 2: Judgment Day’](#), 1991)



In altri casi, nonostante la violenza che hanno mostrato, ci ha comunque ricordato il loro lato umano:

*<<... I want more life, father. ...>>*

(The Nexus 6 called Roy Batty, in [‘Blade Runner’](#), 1982).

Alla fine, però, ci ha fatto anche capire che la coscienza delle macchine è solo frutto della nostra saggezza di esseri umani:



*<<...*

- *A robot may not injure a human being or, through inaction, allow a human being to come to harm.*
- *A robot must obey the orders given it by human beings except where such orders would conflict with the First Law.*
- *A robot must protect its own existence as long as such protection does not conflict with the First or Second Law.*

*...>>*

(“Handbook of Robotics, 56th Edition, 2058 A.D.”, in “I, Robot”, 1950, [Isaac Asimov](#)).

Dai film di fantascienza, e secondo il sentire comune, ci venivano poi proposti anche futuri prossimi in cui i robot ci avrebbero aiutato in tutto, completamente in grado di prendere decisioni in autonomia, salvaguardando anche la nostra vita.



Di ***affidarsi completamente a macchinari dotati di intelligenza artificiale***, quindi, se ne parla ormai da moltissimi anni, come della loro applicazione in campo automobilistico. In quest'ultimo caso non si tratta di fantascienza ma di **studi e ricerche che le case automobilistiche portano avanti, senza sosta, ormai da anni, in collaborazione con università e centri di ricerca** di vario tipo, di cui un esempio è quanto

proposto dal famoso Massachusetts Institute of Technology con il suo progetto "[Driverless](#)".

I vantaggi di quella che viene chiamata **intelligenza artificiale** sembrano, infatti, notevoli. Le capacità di calcolo e di elaborazione, associate all'analisi di milioni di dati che arrivano da svariati sensori, oltre che dalla comunicazione con la strada e con le altre macchine, dotate della stessa tipologia di intelligenza, garantirebbero

- incidenti ridotti al minimo,
- rispetto di tutta la normativa stradale,
- riduzione dei consumi,
- sviluppo di una nuova tipologia di mobilità ecologicamente e socialmente più sostenibile,

...e molto altro.

Ripercorrendo la storia di queste tecnologie, scopriamo che, trent'anni fa o poco più, cominciavano a diffondersi, anche sulle utilitarie, i segnalatori di prossimità di ostacoli, da utilizzare durante le manovre di parcheggio.



Figura 1. Raggio di azione dei sensori di parcheggio (Fonte: [Motor1](#)).



Il cruise control ci permetteva, invece, di impostare una velocità da mantenere durante la marcia staccando i piedi dai comandi, ma sempre con le mani ben salde sul volante e la mente vigile sulla strada. Ad oggi sembrano delle banalità, ma questi erano i primi passi verso la guida autonoma diffusa a larga scala.

I progressi nel campo della robotica e della intelligenza artificiale stanno facendo passi da gigante, proponendoci, come imminente, un futuro che di fantascientifico ha ben poco. Grazie a ciò, la possibilità di avere veicoli a guida autonoma in un futuro prossimo è diventata, ormai, una certezza, e la loro realizzabilità e commerciabilità effettiva non è poi così lontana.

Tenendo quindi conto di questi scenari, è necessario chiedersi:

- a che punto siamo nello sviluppo delle tecnologie legate alla guida autonoma?
- su cosa si basano effettivamente?

Ma soprattutto:

- l'automobilista e i passeggeri sono pronti a questa tipologia di guida?

## I 5 livelli di guida autonoma.

Se parliamo di **guida autonoma** stiamo considerando **un sistema artificiale complesso in cui l'automobile è in grado di stabilire delle decisioni in completa autonomia e di comportarsi al riguardo** ([Guida Autonoma, di Matthias Hartwig](#)). L'intervento da parte dell'uomo è minimo, in quanto stabilisce unicamente il punto di partenza, di arrivo e le eventuali soste intermedie, passando dallo stato di guidatore allo stato di passeggero puro e semplice. Da questo scenario però siamo ancora molto lontani, anche se più vicini di quanto possa sembrare.

Tecnicamente, quindi, **nella guida autonoma l'uomo non dovrebbe mai intervenire. L'auto dovrebbe essere in grado di operare**, scegliendo come comportarsi, **anche in situazioni di emergenza e pericolo**. Per adottare queste soluzioni, però, l'auto deve interagire comunque con l'ambiente circostante, ricevendo segnali e, in ogni caso, dei comandi che le permettano di comportarsi al riguardo. Da ciò discende che non può esserci guida autonoma vera e propria senza una comunicazione continua tra gli stessi veicoli sulla strada, tra i veicoli e

l'ambiente circostante, tra i veicoli e lo stesso uomo. Espandendo ancora di più il concetto, **la guida autonoma potrà svilupparsi solo in una realtà di interconnessione completa**, sempre e comunque grazie anche allo sviluppo di tecnologie classificate come "intelligenza artificiale".

**I livelli di guida autonoma attualmente codificati sono 5 + 1.** La guida autonoma

SAE  
INTERNATIONAL

SAE J3016™ LEVELS OF DRIVING AUTOMATION

SAE  
LEVEL 0

SAE  
LEVEL 1

SAE  
LEVEL 2

SAE  
LEVEL 3

SAE  
LEVEL 4

SAE  
LEVEL 5

What does the  
human in the  
driver's seat  
have to do?

You are driving whenever these driver support features are engaged – even if your feet are off the pedals and you are not steering

You must constantly supervise these support features; you must steer, brake or accelerate as needed to maintain safety

You are not driving when these automated driving features are engaged – even if you are seated in "the driver's seat"

When the feature requests,  
you must drive

These automated driving features will not require you to take over driving

These are driver support features

These are automated driving features

What do these  
features do?

These features are limited to providing warnings and momentary assistance

These features provide steering OR brake/acceleration support to the driver

These features provide steering AND brake/acceleration support to the driver

These features can drive the vehicle under limited conditions and will not operate unless all required conditions are met

This feature can drive the vehicle under all conditions

Example  
Features

• automatic emergency braking

• blind spot warning

• lane departure warning

• lane centering  
OR  
• adaptive cruise control

• lane centering  
AND  
• adaptive cruise control at the same time

• traffic jam chauffeur

• local driverless taxi

• pedals/steering wheel may or may not be installed

• same as level 4, but feature can drive everywhere in all conditions

vera e propria, o che molto ci assomiglia è presente solo al livello 4 e5, mentre dal livello 0 al livello 3 si tratta di guida assistita in cui l'uomo è ancora predominante nelle scelte da condurre, con una sempre più crescente maggiore ingerenza della macchina nelle decisioni e nel controllo del veicolo. Quanto riportato nel seguito è dedotto dalla [Society of Automotive Engineers \(SAE\)](#) che, a livello internazionale, propone le linee guida per approcciarsi alla realizzazione e alla sperimenta-

zione di veicoli a guida autonoma.



Quanto proposto dalla [Society of Automotive Engineers \(SAE\)](#) è praticamente simile a quanto codificato anche in altri stati e, per semplicità di trattazione, si è deciso di esporre delle linee che siano il più comuni possibili e riconosciute a livello internazionale. Tra USA, Europa, Estremo Oriente e altre zone intorno al globo, ci sono delle differenze, ma con impostazioni che, sostanzialmente, non differiscono più di tanto le une dalle altre.

Rimanendo **in ambito europeo**, inoltre, esistono studi approfonditi che hanno portato anche la

*Auto che fanno parte della leggenda,  
o che ne faranno parte.*

**Commissione Europea** ad esprimersi al riguardo ([clicca qui per i dettagli](#)), arrivando sia a codificare, come fatto dalla SAE, i Livelli di Guida Autonoma, sia a impostare i criteri per avere uno sviluppo “eticamente” idoneo di queste tecnologie ([clicca qui per i dettagli](#)). Sotto quest’ultimo aspetto la UE ha proposto una guida apposita che tratta aspetti che vanno dal contesto umano di sviluppo degli applicativi, alla robustezza e validità delle unità di controllo, alla sicurezza dei dati acquisiti durante la guida, alla corretta modalità di investimento e gestione dei progetti legati allo sviluppo delle Intelligenze artificiali.

Viene fornita, infine, anche una guida alla definizione di “Intelligenza Artificiale”, ([disponibile cliccando qui](#)), dedotta da una commissione di studiosi e facente parte della “Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni - L'intelligenza artificiale per l'Europa, Bruxelles, 25.4.2018, [COM(2018) 237 final]”, secondo la quale



*“Intelligenza artificiale” (IA) indica sistemi che mostrano un comportamento intelligente analizzando il proprio ambiente e compiendo azioni, con un certo grado di autonomia, per raggiungere specifici obiettivi.*

*I sistemi basati sull'IA possono consistere solo in software che agiscono nel mondo virtuale (ad esempio assistenti vocali, software per l'analisi*

*delle immagini, motori di ricerca, sistemi di riconoscimento vocale e facciale), oppure incorporare l'IA in dispositivi hardware (per esempio in robot avanzati, auto a guida autonoma, droni o applicazioni dell'Internet delle cose).”*

## Il livello 0.

Il livello 0 è quello di primo approccio alla guida autonoma, e sulle sue caratteristiche si trovano definizioni un po’ contrastanti, dovute essenzialmente alla difficoltà di classificarli in maniera univoca. Al Livello 0 sono presenti due tipologie di veicoli, individuabili in quelli storici, in cui possono essere assenti dispositivi di aiuto alla guida, e quelli un po’ più recenti in cui i dispositivi sono presenti, ma sono solo di supporto alle decisioni dell’uomo.

Sono presenti dei sensori che ci segnalano dei pericoli, come la presenza di un veicolo negli angoli ciechi della visuale o un ostacolo che limita e impedisce le manovre, oltre a varie altre spie e segnali luminosi o vocali che ci avvisano di anomalie di vario tipo. L’auto, però, non è minimamente in grado di muoversi in autonomia ma supporta unicamente il guidatore e i passeggeri nelle decisioni.



Figura 2. Alfa Romeo 33 Stradale, Museo Storico Alfa Romeo di Arese (Fonte: [Leggendauto](http://Leggendauto)).

Rientrano in questa tipologia di veicoli anche quelli dotati di sistemi di assistenza alla frenata atti a migliorare le prestazioni del veicolo: se freno leggermente, posso modulare io il tutto; se freno bruscamente l'auto mi supporta moltiplicando la pressione sui freni garantendomi la frenata ottimale.

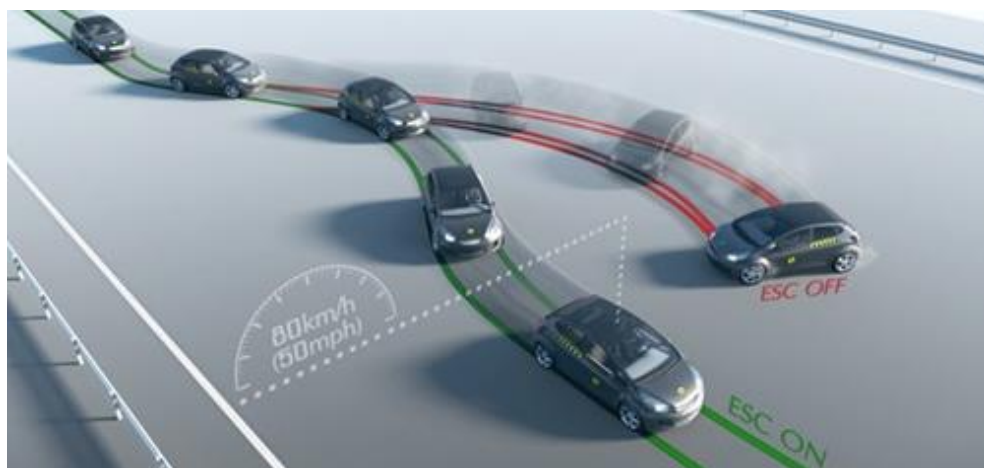


Figura 3. Esempio di ausilio alla guida fornito dal sistema ESC (fonte: [EURONCAP](http://EURONCAP)).

Anche il sistema un po' più sofisticato dell'avvisatore di superamento della linea di separazione delle corsie rientra in questo livello. Trattandosi appunto di un "avvisatore", il sistema comunica al guidatore dell'imminente superamento della linea di corsia, delegando a quest'ultimo la decisione di correggere la sua andatura.

## Il livello 1.

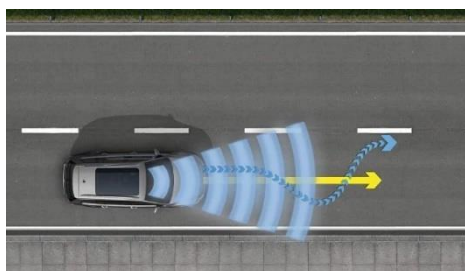
Anche in questo caso **il conducente guida effettivamente il veicolo e prende lui tutte le decisioni necessarie, ma il sistema prevede un supporto più evidente/invadente alle sue decisioni.**

*Auto che fanno parte della leggenda,  
o che ne faranno parte.*

L'auto è dotata di diversi dispositivi di sicurezza che garantiscono un miglioramento della guida. Alla base ci sono sempre sistemi e dispositivi noti per le loro sigle, come ABS, ESP, e tanti altri ancora.

Grazie a questi dispositivi, nel momento in cui eseguo una manovra non ottimale, come una brusca frenata o una sbandata, voluta o innescata da fattori esterni, l'auto registra le anomalie intercorse e provvede a migliorare la situazione generale. Si evita, così, il bloccaggio delle ruote, regolando il loro slittamento in modo da mantenere la sua manovrabilità. L'unità di controllo interviene frenando in modo indipendente le singole ruote per garantire la percorrenza di traiettorie precise, evitando sbandate, regolando la trazione, sempre della singola ruota, per favorire le condizioni ottimali di motricità, etc.

A questi sistemi, a cui eravamo già abituati da anni, si aggiungono, al Livello 1, altri sistemi che ormai stanno diventando di serie su tutti i veicoli, anche quelli di classe economica. Il cruise control, che ci permette di impostare una velocità, staccare il piede dall'acceleratore, e continuare la marcia, ormai sta diventando su tutti i modelli di tipo adattativo, ossia autoregola la velocità di crociera in base alle condizioni del traffico. Altro sistema che si sta diffondendo sempre di più è il



sistema di mantenimento dell'autovettura in carreggiata (nella foto a lato un esempio di funzionamento, fonte: [Quattroruote](#)). I sensori leggono e interpretano la strada davanti a noi e, nel caso in cui iniziamo a spostarci verso una delle due linee che delimitano la nostra corsia senza mettere la freccia, il veicolo ci avvisa con una vibrazione sullo sterzo, ricordandoci di prestare attenzione a quanto stiamo facendo, riallineandoci

momentaneamente alla corsia.

Impostata l'assistenza alla guida possiamo anche, momentaneamente, togliere mani e piedi dai comandi. Dopo poco tempo, però, il sistema ci richiama ai nostri compiti chiedendoci di riprendere il controllo del veicolo.

Altri sistemi di monitoraggio ci avvertono di veicoli, pedoni, o altri elementi, posti in aree intorno al veicolo, non coperti però dalla nostra visuale. In altri casi ci avvertono di veicoli, pedoni, o altro, posti in aree intorno al veicolo non coperti dalla nostra visuale. In alcuni casi il sistema è regolato per portarci in una condizione di sicurezza. Se mi distraigo alla guida e un ostacolo compare davanti a me, come un'auto che rallenta o si blocca, il nostro veicolo inizia a frenare fino a fermarsi.

**Il sistema di bordo non interviene attivamente sulla guida.** La decisione ultima di cosa fare è lasciata all'automobilista che non può distrarsi dal suo compito, ossia la conduzione del veicolo.



## Il Livello 2.

Il Livello 2 è praticamente una copia del Livello 1 in merito alle tecnologie disponibili, richiedendo sempre la presenza dell'autista per la gestione del veicolo.



Figura 4. Sistema di sicurezza di Livello 2 di Subaru (fonte: [Subaru](https://www.subaru.it)).

La differenza sostanziale è che i sistemi di sicurezza presenti, in questo caso, sono attivi contemporaneamente e si scambiano, in continuo, informazioni, il tutto grazie a un sistema centrale di controllo già avanzato.

In sostanza, **nei veicoli dotati di tecnologie di Livello 2, posso attivare la “guida autonoma”, meglio definirla “guida assistita”, e staccare mani e piedi dai comandi**, rimanendo comunque sempre vigile. **L’auto è in grado di procedere da sola**, mantenersi in corsia con la corretta velocità che viene regolata in base al traffico e, in caso di pericolo o ostacolo, l’auto si porta in una condizione di sicurezza arrivando anche a fermarsi. A differenza di prima, nel Livello 2 è possibile proseguire con la “guida autonoma” per tempistiche piuttosto lunghe, almeno se paragonate a quanto concesso al Livello 1.

Il veicolo ci ricorda spesso che non possiamo fidarci di lui all’infinito, richiedendoci ogni tanto di riprendere la guida. I sistemi di sicurezza sono comunque sempre attivi, anche quando stiamo guidando noi. Ci avviciniamo troppo al limite di corsia senza mettere la freccia? magari mentre sta sorpassando un altro veicolo da dietro? Ecco che una vibrazione (o una spia o un *beep*) ci segnalano il fatto, invitandoci ad un comportamento corretto. Se vogliamo proseguire nella nostra azione l’auto interviene riportandoci nella corretta direzione evitando lo scontro con il veicolo in arrivo da dietro.

## Il Livello 3.

Dal Livello 3 in avanti l’uso di sensoristica diventa molto più elevato e associamo il tutto a **sistemi di gestione delle informazioni che ormai fanno capo all’Intelligenza Artificiale, o A.I. (Artificial Intelligence)**.

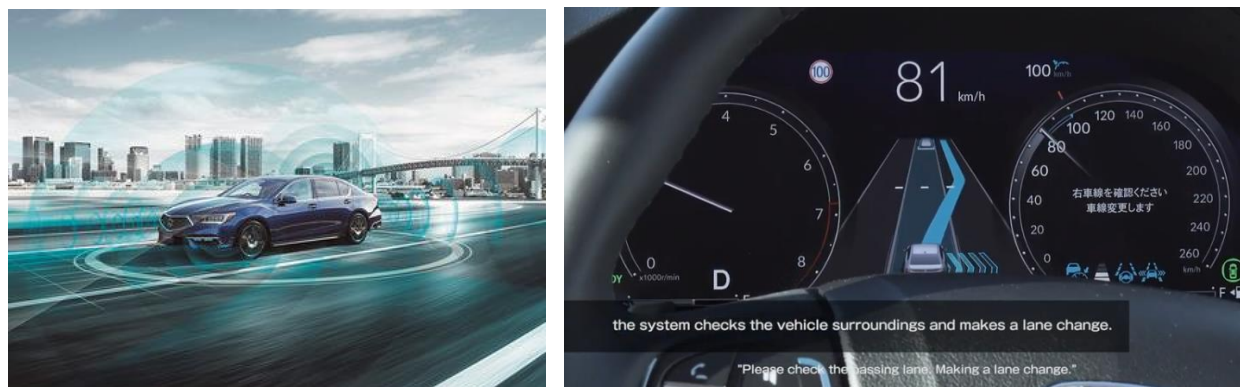


Figura 5. Sistema di Livello 3 "Hand-Off" di Honda (fonte: [Honda](#)).

Saliamo, impostiamo il tragitto da seguire e avviamo l'auto. Appena le condizioni infrastrutturali lo permettono impostiamo la guida autonoma. Il dialogo con l'infrastruttura stradale e con gli altri veicoli ci permetterà di spostarci in sicurezza. In caso di necessità, ad esempio all'avvicinarsi ad un cantiere stradale o in condizioni meteo avverse, l'auto richiederà al guidatore di reimpossessarsi del veicolo e di procedere lui nella conduzione. La nostra A.I. però non ci avrà abbandonata, ma ci supporterà in ogni azione, evitando di farci fare degli errori. Troppe informazioni da gestire da parte nostra? Ci distraiamo un attimo e l'auto davanti sbanda? Niente paura! L'auto ci porterà in una condizione di sicurezza frenando al posto nostro, magari scegliendo anche una via di fuga, se la frenata non è possibile.

Alcuni sistemi di assistenza attiva alla guida saranno ormai molto avanzati. L'head up display sarà molto più simile ai sistemi attualmente in uso nei caschi degli aerei da caccia, piuttosto che a quei pannelli che conosciamo ora. Magari dei sensori interni seguiranno il movimento dei nostri occhi, replicando sul parabrezza, nella direzione corretta rispetto alla direzione del nostro sguardo, tutte le informazioni necessarie alla conduzione del veicolo.

## Il Livello 4.

Altro passo in avanti, sempre che tutto il sistema si sviluppi omogeneamente. Al Livello 4, grazie ad alcune infrastrutture stradali appositamente predisposte, sarà possibile sedersi in auto come un semplice passeggero e farsi trasportare in giro. **L'uomo in questo caso non interviene minimamente con il sistema di guida.**

Non siamo ancora giunti al livello massimo in quanto lo spostamento in autonomia è possibile solo su percorsi limitati spazialmente. Un esempio potrebbe essere dei servizi taxi su tratte prestabilite, o in alcune autostrade o strade dotate dei sistemi di controllo con cui l'auto può interagire in sicurezza.



Figura 6. Sistema CoPilot di BMW (Fonte: [BMW](#)).

Presenza di altri veicoli o esseri umani in totale libertà? Probabilmente no. Su queste arterie viarie, al pari delle autostrade attuali, gli ingressi e il transito sarà limitato solo a specifici veicoli, ossia quelli di Livello 4.

## Il Livello 5.

Ultimo stadio: **la guida autonoma è completamente sviluppata**. La nostra A.I., definirla “automobile” ormai è superfluo e riduttivo, ci chiederà la destinazione, poi penserà a tutto lei. Probabilmente volante e comandi saranno addirittura spariti e potremmo muoverci ovunque vorremmo, senza alcuna limitazione. Anzi, se necessario, l’auto potrà seguire da sola, senza occupanti, dei percorsi, ad esempio per venirci a prendere a casa o al lavoro.



Figura 7. Prototipo Aicon di Audi, Livello 5 di guida autonoma (Fonte: [Il Sole 24 ore](#)).

E il piacere di guida? Ormai sparito, assoggettato alla totale sicurezza degli occupanti e al nuovo concetto di mobilità.

*Auto che fanno parte della leggenda,  
o che ne faranno parte.*



## Dettagli sul Livello 4 e 5 di guida autonoma.

**Un veicolo di Livello 5**, per essere tale, richiede nello specifico delle caratteristiche ben precise, a cui corrispondono anche delle tecnologie che in parte ci sono e che in parte sono ancora in studio e progetto. Da questo punto di vista, in ambito europeo stati come Spagna, Italia, Francia e Germania ipotizzano un veicolo di questo livello **non prima di 20 – 30 anni**.

La guida autonoma di Livello 4 richiederà interventi pesanti nelle infrastrutture viarie, dovendo queste avere caratteristiche, e soprattutto sensori, ben precisi per permettere il transito anche di questi veicoli. Il Livello 5 deve permettere al veicolo di muoversi invece in autonomia in ogni condizione e in ogni luogo.

Altro problema che dovrà essere affrontato sarà poi quello di tipo legale e assicurativo. Chi sarà responsabile in caso di incidente?

### Il nuovo concetto di mobilità del Livello 5.

Anche se la nostra auto si sposterà in autonomia, e anche se prenderà molte decisioni da sola, alla base di tutto ci sarà sempre (almeno nell'immediato futuro) l'uomo che stabilirà sia gli algoritmi alla base della nostra A.I., sia dove andare, cosa fare e chi deve trasportare. Tutte queste informazioni naturalmente non può gestirle da sola, ma devono essere fornite dall'utente esterno. Possiamo dare queste informazioni a livello generico, fornendo una specifica sommaria, oppure fornire chiaramente la destinazione e il percorso da seguire.

Nel primo caso fornisco una informazione del tipo "devo comprare il pane" e la A.I. presente, avendo in memoria la statistica dei nostri spostamenti, procederà o verso il punto che vende il pane, individuando quello più vicino che trova sulla mappa, oppure, se il suo algoritmo lo ritiene corretto, verso il punto in cui di solito compriamo il pane.

Nel secondo caso fornisco l'indicazione precisa del tipo "voglio comprarmi il pane nel negozio in piazza, ma prima andiamo a portare i bambini a scuola". L'auto ha le informazioni necessarie per procedere: conosce il numero di passeggeri (peso, altezza, zaini, etc.) e i punti da raggiungere durante il viaggio. Il percorso da seguire lo propone in prima ipotesi la macchina, poi in base alla situazione del traffico comunicatagli dagli altri autoveicoli e dal sistema di gestione e controllo del traffico, varia anche la strada per raggiungere gli obiettivi.

Al Livello 4 serve una infrastruttura viaria di appoggio molto avanzata, tipo quella già in uso e in potenziamento nella città di Singapore (vedi descrizione completa [sul sito Ingenio](#), oppure, molto più dettagliato, [lo studio della Inter-America Development Bank](#)), con cui la futura auto potrà interagire per avere le informazioni necessarie per muoversi.

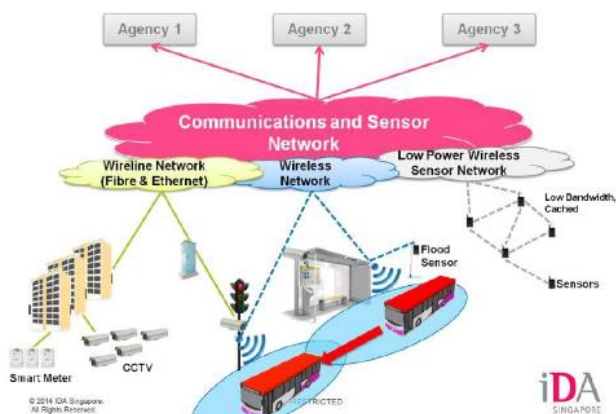


Figura 8. La Città di Singapore, esempio di Smart City con gestione avanzata del traffico urbano.

Al Livello 5, l'auto, ormai divenuta una unità A.I., potrà muoversi in completa autonomia, indipendentemente dalla infrastruttura di appoggio e dalla tipologia di percorso, traffico, condizioni stradali e quant'altro possa ostacolare il viaggio.

## L'A.I. e i sistemi per svilupparla e per interfacciarsi con l'utente.

Stabilito ormai che l'auto che punterà al Livello 5 sarà una A.I. su ruote, molto lontana dal concetto attuale di automobile. La dotazione di sensori sarà completa e le unità di controllo e comando molto avanzate, al punto da poter ricostruire anche tutto l'ambiente circostante in maniera impeccabile.

Cerchiamo quindi di capire cosa c'è alla base dei Livelli superiori al 3.

## La ricostruzione virtuale dell'ambiente circostante: dal 3D al 4D.

L'auto, per arrivare a muoversi in autonomia, prima nel traffico controllato e poi nell'ambiente libero, deve essere dotata di **sensori tecnologicamente avanzati gestiti da un sistema centrale in grado di ricostruire virtualmente l'ambiente reale** in cui essa si muove. La ricostruzione non è solo 3D, ossia tale da identificare la posizione del veicolo rispetto agli oggetti circostanti, e nemmeno 4D, ossia capace di introdurre l'ulteriore parametro/variabile chiamata tempo per capire cosa succede con le altre macchine e i pedoni in movimento, tenendo conto delle loro velocità,

ma dovrà raggiungere un livello di sviluppo tale da poter trattare anche la probabilità che un evento si verifichi.



Figura 9. Diversi sistemi interconnessi tra di loro per la virtualizzazione dell'ambiente circostante all'auto per permettere la guida autonoma (Fonte: [ai4business](https://www.ai4business.it)).

Praticamente non basta capire la traiettoria degli oggetti in movimento nell'ambiente che ci circonda, ma l'A.I. dovrà anche arrivare a **stimare le possibili traiettorie che tali oggetti potrebbero compiere scostandosi da quelle definite dall'analisi dei dati**, siano essi provenienti dai propri sensori sia quelli registrati e forniti dalle altre A.I., oltre a stimare il rischio associato ai possibili percorsi.

### La valutazione del Rischio e la scelta fatta dalla A.I..

In questo contesto l'unità centrale di controllo viene programmata in modo che possa ricostruire in autonomia gli **alberi di evento** che descrivono l'evolversi delle situazioni in cui si trova o si potrà trovare, individuano il percorso e il comportamento migliore da adottare, agendo sulla base del criterio di sicurezza definito **ALARP** (As Low As Reasonable Possible).

Una descrizione molto completa della teoria degli alberi di evento applicata agli autoveicoli a guida autonoma è presente nell'articolo *HEJASE, Mohammad, et al. Identification of risk significant automotive scenarios under hardware failures. arXiv preprint arXiv:1804.04348, 2018.* ([clicca qui per scaricarlo](#))

Per gli aspetti legati al concetto di ALARP applicato alla guida autonoma si può fare riferimento all'articolo *BLOOMFIELD, Robin, et al. Safety Case Templates for Autonomous Systems. arXiv preprint arXiv:2102.02625, 2021.* ([clicca qui per scaricarlo](#))

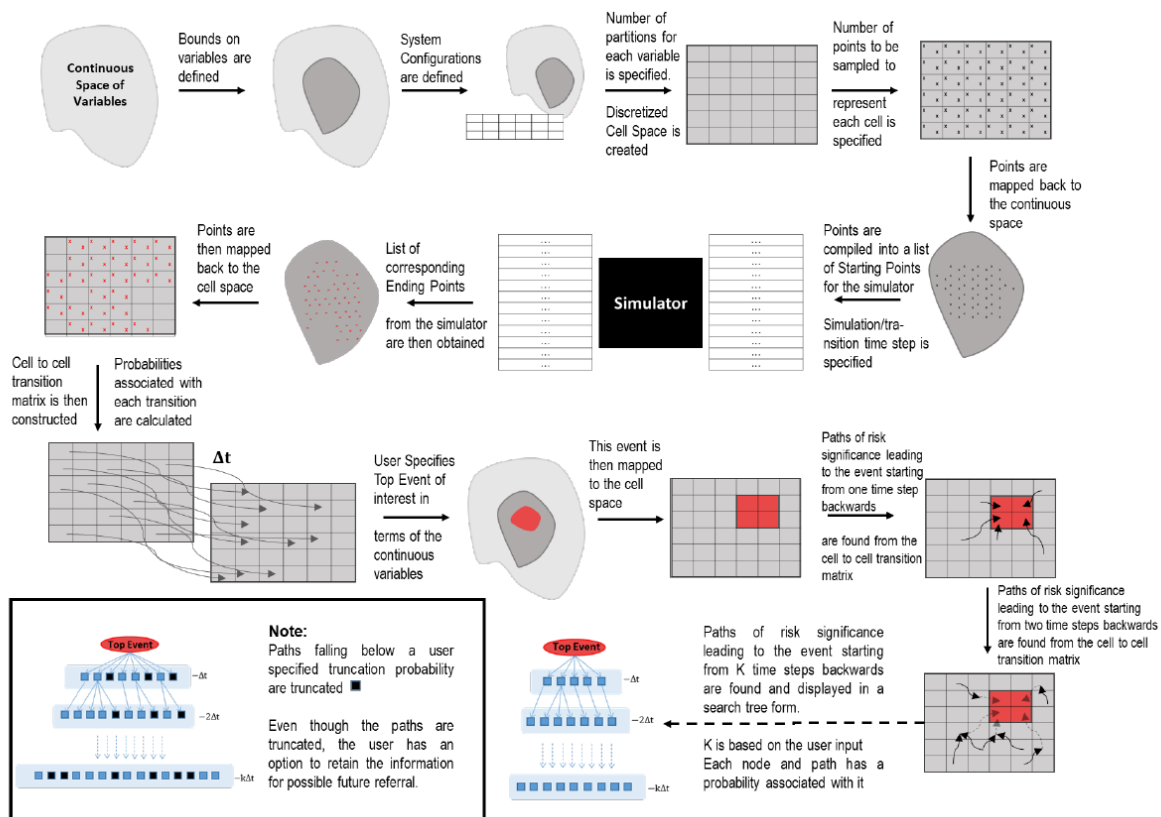


Figura 10. Esempio di ricostruzione degli “Alberi di evento” relativi al movimento di un veicolo in strada (Fonte:

Per chiarire la modalità di programmazione basata sugli “alberi di evento” e sul concetto di ALARP, necessari per insegnare alla A.I. come comportarsi, si propone nel seguito un esempio chiarificatore.

Il veicolo su cui ci troviamo sta proseguendo su una strada qualsiasi. Un pedone, poco più avanti, sta procedendo a lato strada, nella nostra direzione. Il sistema che gestisce la nostra auto deve valutare non solo la velocità con cui il pedone si sposta, ma anche altri fattori come:

- Lungo quale traiettoria proseguirà? Manterrà costante la sua velocità attuale o la modificherà?
- Rimarrà a lato strada? Cercherà di attraversare?
- Che probabilità esiste che improvvisamente cambi direzione, anche solo momentaneamente? Se cambia strada, con che rapidità può eseguire tale manovra? di quanto potrebbe spostarsi?
- Ha sentito/visto arrivare il nostro veicolo?

- Si potrebbe spaventare al nostro sopraggiungere? (l'auto probabilmente sarà elettrica, quindi con rumori ambientali minimi)
- In questo caso come si comporterà?
- Sta trasportando qualcosa? Sì? No? Se sì, c'è probabilità che perda il carico?
- Se il nostro veicolo decide di allontanarsi dal pedone, di quanto dovrà spostarsi? E questo cosa comporterà?
- Ci sono altri veicoli che sopraggiungono? Questi di che tipologia sono? Come proseguiranno la loro marcia in avvicinamento a noi?
- ...

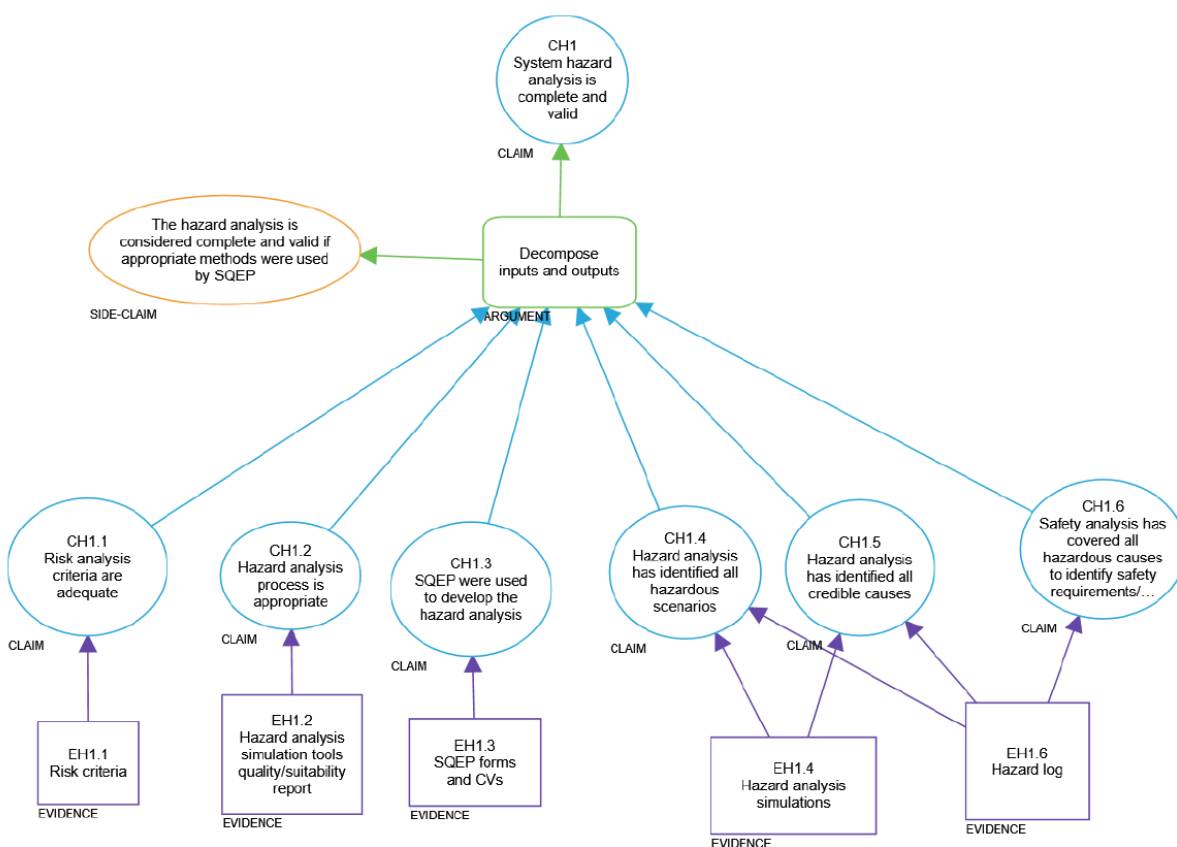
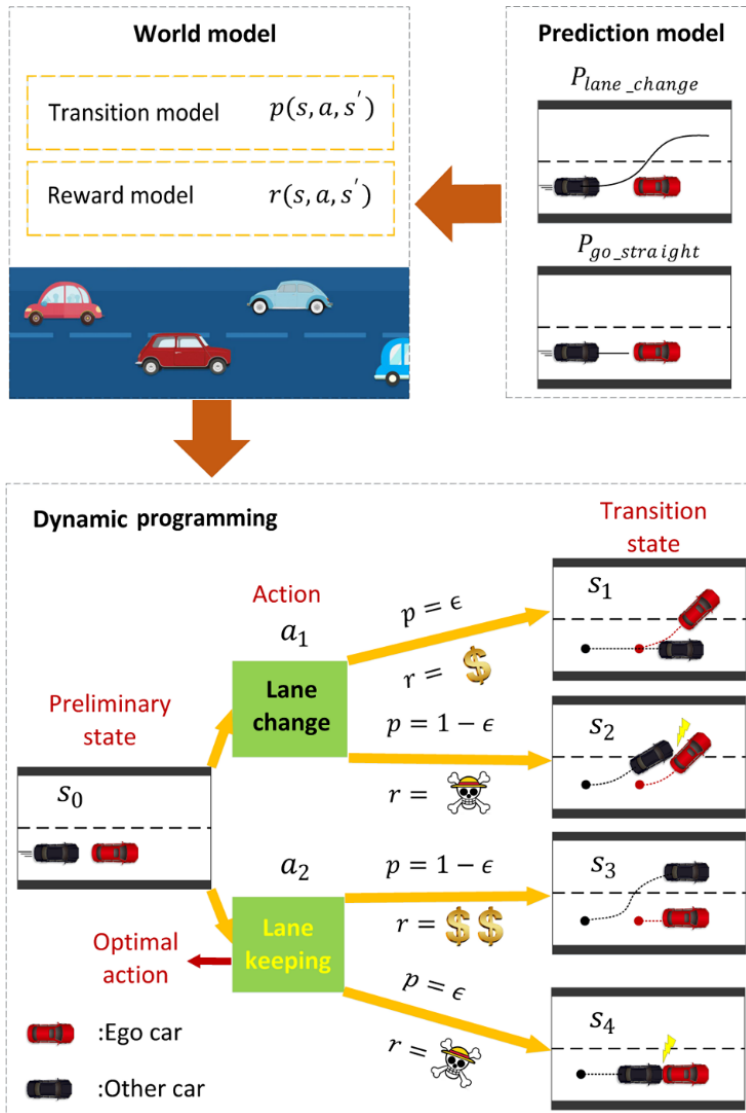


Figura 11. Modalità per lo sviluppo dell'analisi di rischio (Fonte: [Bloomfield](#) et al., 2021)

Queste domande verranno estese a tutto ciò che ci circonda e, appositi algoritmi di calcolo, tratteranno i dati ottenuti dalla sensoristica e dalla “esperienza” che l'auto maturerà durante l'uso (stiamo parlando sempre di una unità dotata di intelligenza artificiale).

Dall'analisi, secondo gli algoritmi forniti, la A.I. trarrà come soluzione tante possibili traiettorie di ogni oggetto, ottenute incrociando tra loro le varie ipotesi di futuri alternativi creabili, associando a ciascuna una probabilità di accadimento stabilendo, per ogni istante futuro in cui verrà suddivisa la linea temporale, anche

quelli che saranno gli effetti che ogni traiettoria/probabilità può portare con sé, generando un numero elevato di scenari possibili.



Un chiarimento è riportato nella figura a lato, desunta dallo studio *GUAN, Yang, et al. Markov probabilistic decision making of self-driving cars in highway with random traffic flow: a simulation study. Journal of Intelligent and Connected Vehicles, 2018.* ([clicca qui per scaricarlo](#)).

Come ci insegna chi si occupa di sicurezza, sarà così possibile anche valutare, per ogni scenario, il rischio associato, grazie alla nota relazione

$$R = P \times E \times D$$

in cui il rischio  $R$  è funzione non solo della probabilità  $P$  che un evento si verifichi, ma anche dell'esposizione  $E$ , ossia degli effetti che una certa scelta, nostra o degli oggetti, persone comprese, che ci circondano comporta sugli altri elementi coinvolti, e anche del danno  $D$  che si può generare. L'auto dovrà in ogni istante valutare il rischio  $R$  aggiornando tutte le informazioni di cui necessita, optando naturalmente per la

scelta, quindi per la traiettoria e per il comportamento su strada da adottare, che possono portare a ridurre al minimo il Rischio.

## Come impara l'A.I.

**L'unità di controllo generale**, in cui è presente anche la vera e propria Intelligenza Artificiale, **deve imparare a muoversi e a prendere decisioni**.

Il passaggio dai criteri precedenti, facili da definire su carta, alla creazione degli algoritmi necessari per permettere il movimento del veicolo rappresenta il problema maggiore. Innanzitutto, non è possibile fornire tutte le alternative dall'esterno, ma deve essere la stessa A.I., una volta programmata, a capire cosa



deve fare per ridurre al minimo il rischio e a garantire il movimento. In secondo luogo, deve capire e imparare a riconoscere l'ambiente circostante.

Un esempio molto semplice può essere considerato il riconoscimento dei segnali stradali. Si inizia mostrando varie immagini di segnali stradali, a distanze dal veicolo diverso, in condizioni di usura e inclinazione rispetto alle telecamere diverse, magari anche a risoluzione di immagini diverse, mostrando alla A.I. i criteri con cui poter riconoscere i segnali. La sua struttura stessa le permetterà di modificare l'algoritmo che le è stato caricato arrivando, a regime, ad avere sviluppato un proprio criterio che le permetterà di riconoscere i segnali stradali in ogni condizione.



Figura 12. Ipotesi di insegnamento di riconoscimento forme e oggetti ad una A.I. (Fonte: [MoDo](#)).

Un approfondimento interessante lo trovate sul [sito della Volkswagen dedicato alla guida autonoma](#). In esso si trovano indicazioni su come associare i dati rilevati dai sensori, che verranno descritti più avanti, alle A.I.. In questi scenari descritti si ipotizza anche di utilizzare il **metodo insegnante-studenti**. Praticamente si prende una A.I., che ha funzione di insegnante, in cui viene creata la procedura di riconoscimento di una tipologia di oggetti, ad esempio i nostri segnali stradali.

Questa unità insegnerà ad altre A.I. come fare, istruendole. Le A.I. studenti, però, vengono istruite in parallelo al riconoscimento di altri elementi: ciclisti, pedoni, ostacoli in corsia, etc.. In questo modo i ruoli poi si possono scambiare, con gli studenti che diventano insegnanti.

Il vantaggio? tenendo conto delle capacità di calcolo di questi supercomputer **la velocità di scambio di informazioni e di autoapprendimento crescono esponenzialmente**, riducendo i tempi di ottimizzazione e di programmazione.

Per poter fare questo tipo di programmazione bisognerà necessariamente avventurarsi nel **Machine Learning** e nelle **Reti Neurali**, come descritto compiutamente in uno [specifico articolo della Volkswagen](#).

## L'interfaccia con l'utente

Altro problema che dovrà essere superato è rilevabile nell'interfaccia tra la A.I. e l'utente.

Fino al Livello 3 esiste un conducente vero e proprio che dovrà rimanere vigile sulle attività del veicolo. In caso di necessità, infatti, esso deve intervenire riprendendo il controllo del mezzo. In questo contesto il conducente è seduto alla postazione di guida e riceve tutte le informazioni necessarie dalla A.I., che, al pari dei sistemi di Livello inferiore, lo avviserà prontamente della necessità del suo intervento. In questo contesto sui veicoli deve essere presente, ad ogni Livello di guida autonoma da sviluppare, anche a quelli superiori al 3, un'**interfaccia uomo-macchina** in grado di coinvolgere le persone a bordo, in particolar modo chi viene individuato come conducente. Questo aspetto deve essere molto curato proprio per il fatto che il conducente "potenziale" non deve in alcun modo distrarsi completamente, ma deve sapere, o poter sapere, in ogni momento lo stato del veicolo e dell'ambiente circostante.



Figura 13. Head Up Display di tipo olografico proposto da Porsche (Fonte: [Porsche](https://www.porsche.it/it/tecnologia/autonomia)).

La nuova tipologia di esperienza di guida a cui si tenderà prevederà, probabilmente, che il guidatore potrà rilassarsi, magari anche distrarsi momentaneamente, ma dovrà sempre, e in ogni caso, poter in pochissimo tempo riprendere il controllo del mezzo, coadiuvato dal veicolo stesso. Diverse tipologie di cruscotti e di head-up display verranno studiati proprio per sopperire a questi aspetti.

Le tipologie di veicolo del futuro, che vengono presentati come esempi dotati di tecnologie al Livello 5, normalmente hanno la caratteristica che, durante la marcia, il volante scompare all'interno del cruscotto, per favorire l'abitabilità. Sul cruscotto stesso, però, non si notano pannelli di comando, visualizzazione e controllo particolari a cui attualmente ci stiamo abituando. Sarà proprio così? Probabilmente no. **Nell'ottica di mantenere il rapporto uomo-macchina attivo**, garantendo anche una "sicurezza psicologica" verso il veicolo stesso nella fase di guida autonoma, **sarà più facile vengano mantenute delle interfacce che permettano di sapere lo stato del veicolo, il percorso e, naturalmente, verranno mantenuti anche i dispositivi di comando, come il volante.**



## L'unità centrale di comando e controllo.

Per garantire la guida autonoma dovrà essere sviluppata in modo opportuno l'unità generale di acquisizione dati ed elaborazione, controllo e comando. Praticamente



dovrà essere presente un'unica unità o supercomputer che rappresenterà la A.I. (dettagli sul [sito della ZF](#)) che gestirà il veicolo e prenderà le decisioni al posto nostro. Attenzione, però, che questa A.I. non deve occuparsi solo della guida in sicurezza, ma dovrà gestire anche l'unità di propulsione.

Nel futuro immaginato per il Livello 5 si parlerà di un concetto di mobilità diverso in cui l'auto dovrà "capire" quale percorso farci fare anche per ridurre i consumi al minimo, occupandosi, contemporaneamente,

- del tragitto,
- della gestione dei consumi,
- della sicurezza in marcia dovuta all'assetto del veicolo in situazioni eccezionali (i sistemi attuali di sicurezza attiva e passiva, quindi niente di nuovo),
- della sicurezza in marcia rapportandosi con l'ambiente circostante,
- della trasmissione dati con l'infrastruttura viaria e con gli altri utenti/A.I. presenti in strada,
- dell'interfaccia con l'utente.

L'A.I. dovrà ricostruire tutto l'ambiente circostante, prevedendo, quindi, che i sensori coprano tutti i lati.

L'ultimo punto dell'elenco precedente non è una banalità, in quanto è l'unico modo in cui chi è presente sul veicolo potrà interfacciarsi con quest'ultimo.

## I sensori dei modelli al Livello 4 e 5.

Per poter scegliere cosa fare, l'automobile dovrà essere dotata di sensori. Quelli attualmente in uso su cui si sta investendo molto in termini di ricerca sono essenzialmente:

- sistema di posizionamento
- radar 4D
- Lidar
- rilevatori di suoni

- telecamere
- sistemi di comunicazione 5G o superiori.

Tutti questi sensori trovano alloggio in varie parti dell'auto, con lo scopo di coprire tutti i lati per un livello di analisi e controllo a 360°, se non addirittura di tipo sferico.

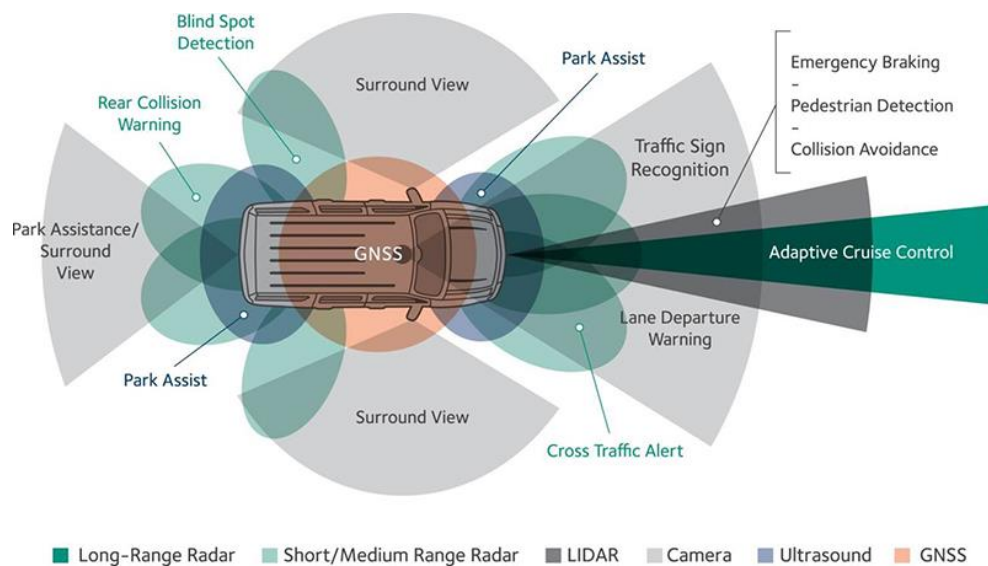


Figura 14. Sensoristica presente in un autoveicolo e necessari per la Guida Autonoma dal Livello 2 (Fonte: [Novatel](#)).

I dispositivi sono presenti su ogni lato dell'auto, e devono essere posti in zone appositamente individuate per coprire il campo di analisi più grande possibile, evitando di essere disposte in aree in cui è facile che vengano danneggiate dai piccoli incidenti.

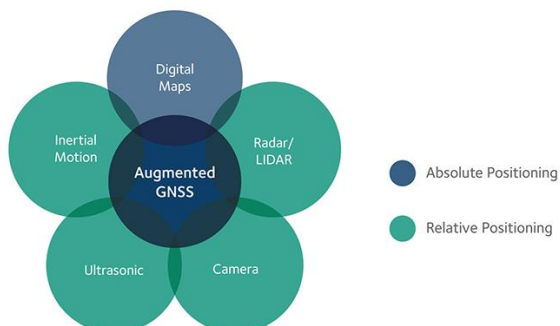
## Il Sistema di Posizionamento

Importante per l'autoveicolo sarà il suo "auto-posizionamento", ossia deve, prima di iniziare a interagire con l'ambiente circostante, capire dove si trova nello spazio, sia in condizioni statiche che in movimento. La precisione di tale posizionamento deve comportare un errore di pochi centimetri.

Una trattazione completa dell'argomento è disponibile sul sito della [Novatel](#).

I sistemi GPS attuali, grazie all'elevato numero di costellazioni di satelliti adibiti a tale scopo, permetterebbero, in condizioni ottimali e con veicolo/rilevatore satellitare fermo, precisioni che, all'aumentare del tempo di esposizione e lettura dei dati satellitari, aumentano fino ad arrivare ai pochi centimetri richiesti. Il problema è che il veicolo è in movimento, magari a velocità sostenuta, e potrebbe incontrare delle zone di ombra, rispetto ai satelliti, tale per cui la precisione

verrebbe persa, potendo arrivare a comportare un errore, o deviazione, anche superiore a 8 m.



Per migliorare un po' di più la precisione del veicolo in movimento si utilizzano, in aggiunta, anche le stazioni fisse a terra dei sistemi di comunicazione della telefonia, riducendo a pochi metri l'errore (in riferimento sempre al veicolo in movimento). Per riuscire ad arrivare ai valori precedentemente indicati, però, il sistema dovrà adottare anche altri metodi, come, ad esempio, il riconoscimento di punti fissi a terra. Per

effettuare quest'ultima operazione, il nostro veicolo dovrà dotarsi anche di telecamere in grado di riconoscere gli oggetti di riferimento, rispetto cui calcolare la posizione.

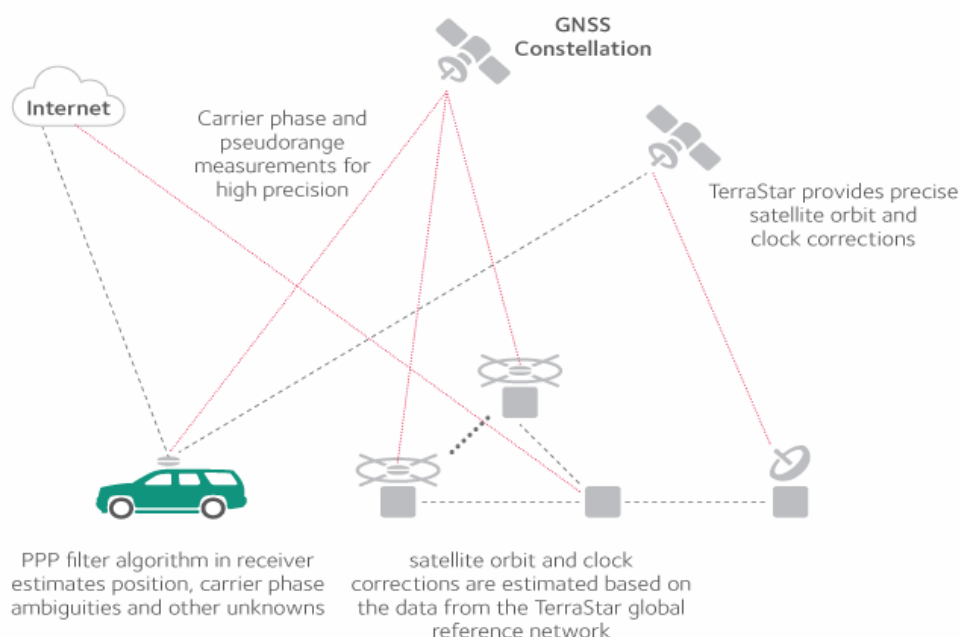


Figura 15. Valutazione della posizione del veicolo ottenuto sulla base di diversi sistemi di posizionamento (Fonte: [Novatel](#)).

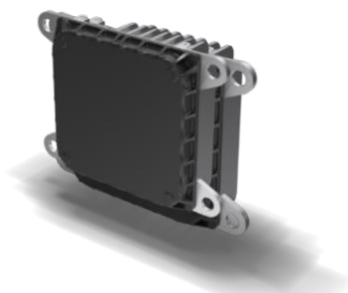
Quanto descritto precedentemente viene già ampiamente utilizzato anche a livello topografico per effettuare i rilievi, dove il sistema GPS utilizza le costellazioni di satelliti, la telefonia, e dei punti fissi a terra riconosciuti e riconoscibili.

I segnali stradali, riconosciuti dalle telecamere di supporto al fine di garantire il rispetto del codice della strada, una volta georiferiti e dotati di impianti di trasmissione verso l'auto, potranno essere utilizzati per migliorare la precisione del posizionamento del veicolo. In questo contesto, come più volte specificato, sarà necessario dotare le nostre infrastrutture viarie di **"Binari virtuali" con identificazione a radiofrequenza (RFID)** o altre procedure. Nell'ambiente stradale

verranno posizionati piccoli chip o altri ausili di orientamento elettronici che possono essere rilevati e utilizzati per l'auto-posizionamento da appropriati sistemi di ricetrasmittitori.

## RADAR 4D.

Il RADAR è un sistema che permette di calcolare la posizione di un oggetto rispetto al sistema che effettua la misura. I radar finora utilizzati, quindi fino al Livello 2, e



quelli previsti per il Livello 3, vengono definiti "mid-range" e permettono di valutare la posizione dell'oggetto come coordinate X-Y-Z al variare del tempo e rispetto all'osservatore. I radar, in realtà, valutano l'azimut, la distanza e la velocità, che poi vengono trasformate in coordinate a noi più note. La loro evoluzione, già

pronta per il Livello 3+ e per il Livello 4, è costituito dal [RADAR 4D](#), di cui un esempio è quello proposto dalla [ZF Friedrichshafen AG](#), di cui potete leggere tutti i dettagli [cliccando qui](#). La novità di questa tipologia di sensore consiste nel poter rilevare l'altezza dell'oggetto e non solo la sua posizione.

Come si vede dall'immagine successiva, il Radar 4D riesce pertanto a rilevare



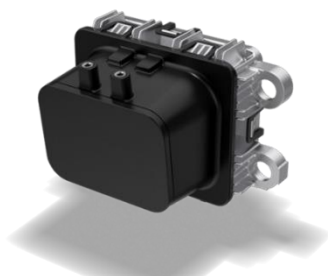
posizione e dimensione verticale degli oggetti, capendo, ad esempio, l'altezza di eventuali ostacoli, come la banchina laterale, informazione utile per individuare possibili vie di fuga. Il Radar 4D della ZF è un radar a 77 GHz e 192 canali, con capacità di individuare gli oggetti fino a circa 350 m di distanza, che misura la distanza, l'azimut rispetto alla

direzione del veicolo, la velocità e l'altezza rispetto al suolo, quest'ultima stabilita come angolo zenitale.

## LiDAR

Il [LiDAR \(Light Detection And Ranging\)](#) è una tecnologia di derivazione militare che misura la distanza da un oggetto illuminandolo con una luce laser e misurando il tempo di ritorno del segnale luminoso.

Operando in questo modo il LiDAR è in grado di restituire informazioni tridimensionali ad alta risoluzione sull'ambiente circostante. Un LiDAR utilizza



tipicamente diversi componenti: laser, fotorilevatori e circuiti integrati di lettura (ROIC) con capacità di tempo di volo (TOF) per misurare la distanza. Una buona indicazione sul funzionamento del sistema LiDAR è consultabile sul [sito di Driving](#).

Attualmente, i sensori per LiDAR per guida autonoma hanno una risoluzione buona per oggetti fino a 250m, con la possibilità di percepire oggetti con grado di riflettività al 10% fino a 150m (fonte: [ZF Friedrichshafen AG](#)).

## Rilevatore di suoni

Sembrerà strano, ma le future auto ipertecnologiche dovranno essere anche dotate



di un rilevatore di suoni ambientali. Esso dovrà essere in grado di riconoscere la tipologia di suono, assegnargli una fonte, e capirne la direzione di arrivo. Una sirena, un clacson, una persona che grida "attento!", tutti suoni che devono essere riconosciuti per permettere al veicolo di agire in sicurezza.

## Telecamere



Nonostante siano adottate nei sistemi di Livello 1 e 2, come parte integrante dei sistemi ADAS, le telecamere sembra che non saranno accantonate nemmeno nei sistemi di Livello 5, quale supporto e integrazione degli altri sistemi radar e LiDAR.

Le telecamere (nella foto l'immagine dalla retrocamera posteriore così come viene visualizzata dallo schermo interno di una [Subaru](#)), sempre disposte per monitorare tutto lo spazio circostante al veicolo, permettono, con gli opportuni software, di identificare gli oggetti (cose e persone) e, integrate con le informazioni disponibili dagli altri sensori, di aumentare il livello di sicurezza complessivo. Alcune

di queste immagini potranno naturalmente essere visualizzate sullo schermo dell'infotainment interno, come succede già ora.

Radar 4D, LiDAR e telecamere funzionano con principi simili, ma diversi rispetto al tipo di segnale trattato. Praticamente, cambiando il tipo di impulso che viene lanciato e registrato, si dovrebbe avere la sicurezza di rilevare sempre l'ambiente circostante in ogni condizione ambientale in cui il veicolo si troverà.

### Sistema di comunicazione tra veicoli e con l'ambiente circostante.

Altro nodo cruciale che dovrà essere affrontato sarà quello di come permettere la comunicazione tra le varie A.I. presenti in strada (Vehicle-to-Vehicle Communication, V2V)) e con l'infrastruttura viaria (V2X).

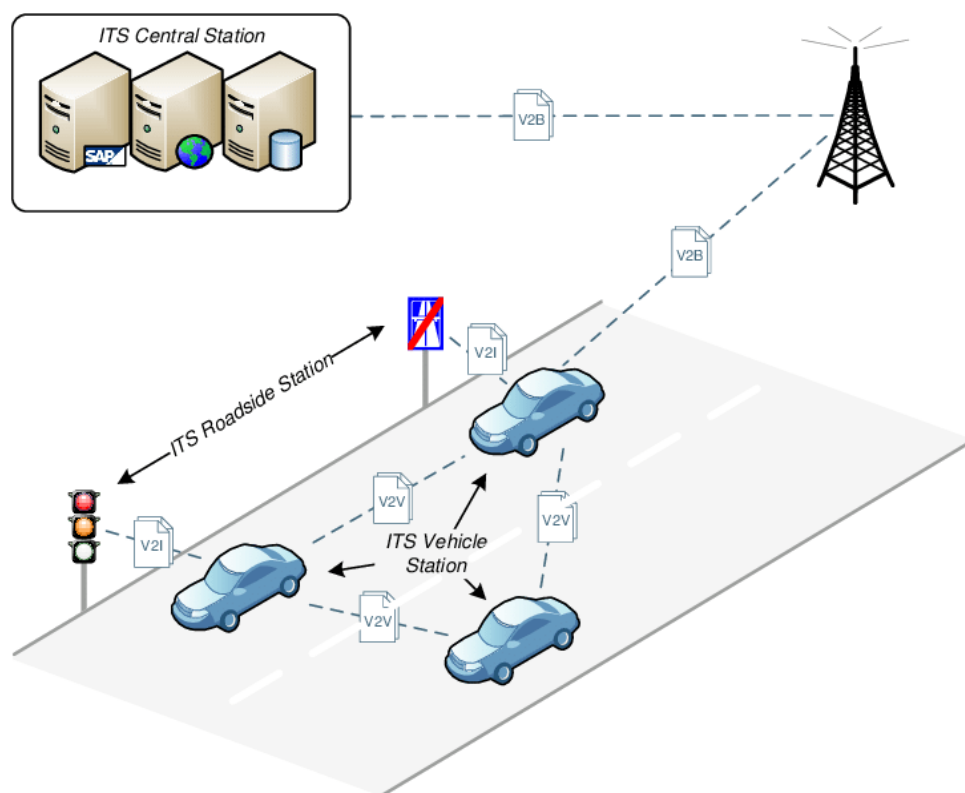


Figura 16. Sistemi V2V e V2X di interscambio dei dati (Fonte: TOMATIS, Andrea, et al. A test architecture for V-2-X cooperative systems field operational tests. In: 2009 9th International Conference on Intelligent Transport Systems Telecommunications, (ITST). IEEE, 2009. p. 616-621.)

I segnali stradali dovranno essi stessi molto avanzati, permettendo lo scambio di informazioni con tecnologie classiche come Wi-Fi e Bluetooth e con altre innovative come la Li-Fi.

La tecnologia Li-Fi, acronimo di Light Fidelity, è una tecnologia senza fili che sfrutta la modulazione della luce LED per trasmettere informazioni (fonte: [To Be srl](#)). Essa rappresenta un metodo innovativo di trasmissione dati wireless: tutte le fonti LED

sono potenziali trasmettitori di informazioni e ogni dispositivo è un potenziale fruitore delle stesse. I vantaggi di una tale tecnologia è la riduzione della assoggettabilità e della generazione di interferenze con altre tipologie di onde, richiedendo però una esposizione diretta alla luce del segnale da parte del rilevatore. Data l'elevata velocità di trasmissione dei dati, si presterebbe molto bene alla intercomunicazione tra veicoli e con l'infrastruttura.

E il 5G di cui tutti parlano? Al momento sembra la tecnologia migliore per la trasmissione di dati, soprattutto se associata ai sistemi tipo Li-Fi.

## Pro e Contro della guida autonoma

Risolti i problemi tecnici, conviene analizzare la guida autonoma da altri punti di vista, legati, questa volta, ai rapporti uomo-veicolo e come l'uomo percepisce la guida autonoma.

### Il problema etico.

Questa la situazione problema che, secondo i detrattori della Guida Autonoma, le A.I. dei futuri veicoli non saranno in grado di risolvere, a differenza dell'uomo:

- un'auto dotata di sistemi di Livello 5 procede lungo una strada con del traffico non troppo sostenuto;
- ad un tratto un bambino esce da dietro una macchina posteggiata;
- la A.I., ha davanti due sole possibilità: frena procedendo in linea retta, ma deve comunque investire il bambino, oppure frena e sterza, impattando contro altre macchine, magari che procedono in senso opposto o posteggiate.

Secondo i detrattori, la A.I. adotterà questa soluzione:

- l'auto, in quanto deve salvaguardare il veicolo e ridurre al minimo il danno, frenerà ma procederà diritto, decidendo di investire il bambino, riducendo così i danni a sé stessa e agli altri veicoli;
- se avesse cambiato direzione la colpa sarebbe ricaduta sull'auto e sul suo proprietario, che sarebbe passato dalla parte del torto, con tutte le conseguenze legali e assicurative, mentre procedendo diritto la colpa non sarebbe, se non parzialmente, riconducibile al veicolo e al suo proprietario;

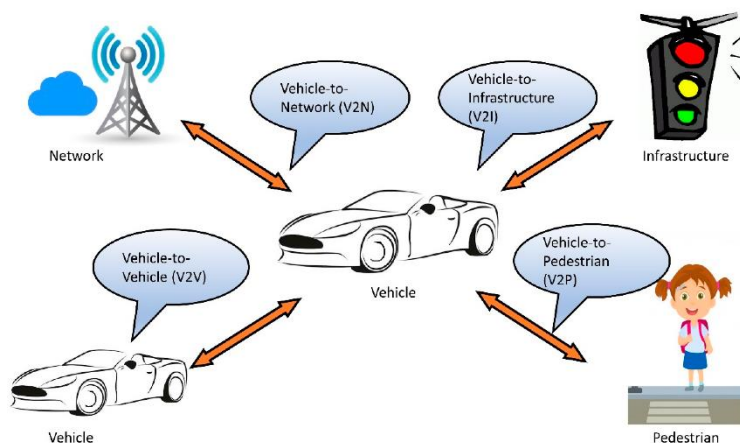


- l'unico comportamento corretto da adottare sarebbe quello di lasciare la guida assistita, con l'ultima decisione in capo al guidatore che dovrà sempre avere il controllo del veicolo;
- l'uomo, infatti, si accorgerebbe del bambino e lo scanserebbe, a rischio di impattare contro altri veicoli, magari facendosi anche male, ma salvandolo.

I dubbi, rispetto a quanto indicato in precedenza sul comportamento adottato dalla A.I., sono molto grandi, ritenendo inverosimile che il veicolo si comporti secondo quanto prospettato.

Sulla base di quanto descritto precedentemente, a partire dalla guida su una programmazione "etica" delle A.I., così come richiesto dalla U.E., per arrivare agli algoritmi di calcolo che si stanno sviluppando, si prospetterebbero invece le successive argomentazioni a favore di un comportamento corretto del veicolo:

- **l'A.I. viene sempre programmata dall'uomo**, che stabilirà i livelli di sicurezza e le priorità da mantenere;
  - la programmazione del veicolo imporrà che **la protezione dell'essere umano deve diventare prioritaria**, imponendo la scelta di manovre che assicurino il minimo rischio possibile;
- **la tipologia di sensori e la loro gestione dovrebbe scongiurare già di partenza una situazione simile a quella prospettata;**



◦ l'A.I. avrà ricevuto dagli altri veicoli e dai suoi sensori tutte le informazioni necessarie, e saprà benissimo, prima che l'umano eventualmente alla guida possa vederlo, dell'esistenza del bambino, avrà già studiato le sue possibili traiettorie, e avrà già simulato uno scenario in cui il bambino attraversa la strada (fonte immagine a lato: [HAQUE, Khandaker Foysal, et al., 2020, 20.23: 6876.](#));

- al movimento del bambino l'auto avrà già iniziato l'operazione di frenatura, stabilendo la migliore via di fuga, via che magari prevede l'impatto sulle auto in sosta, avvisate dell'impatto e che avranno predisposto e attivato i propri sistemi di sicurezza;
- le operazioni indicate precedentemente avvengono in tempi molto rapidi, grazie alle potenze di calcolo dei computer adottati dai veicoli;
- qualsiasi essere umano, se non è un pilota allenato, impiegherà almeno un paio di secondi, dalla comparsa del bambino, prima di accorgersi della sua presenza e prima di iniziare qualsiasi manovra di sicurezza;



- se non si è allenati alla guida veloce è, infatti, piuttosto arduo sostenere che il guidatore riesca a decidere una manovra corretta;
- da un punto di vista assicurativo e legale, il ferimento di un essere umano è sempre più grave rispetto al danneggiamento di qualsiasi oggetto che possiamo trovare in strada;
  - si tenga presente anche che il veicolo di Livello 5 avrà sicuramente dei sistemi di registrazione delle attività fatte e dell'ambiente circostante, proprio per risolvere problemi legati alla responsabilità delle azioni fatte;
  - già adesso alcuni autoveicoli sono dotati di sistemi di registrazione dello stato del veicolo in marcia, grazie a dispositivi simili alle note "scatole nere" degli aeroplani;
  - in una situazione come quella prospettata, l'impatto contro altri veicoli verrebbe giustificato dal fatto che l'automobile, nel rispetto dei principi etici e di codice della strada, parte stessa della sua programmazione, ha agito nel rispetto delle regole, riducendo le responsabilità in capo al veicolo e a chi per esso.

Le auto e le A.I. sono buone? Probabilmente no, ma nemmeno sì. Devono solo essere programmate bene, in modo da riconoscere ogni volta lo scenario futuribile di marcia migliore che riduce al minimo i rischi per l'uomo.

## Affidabilità Etica e Responsabilità nella guida autonoma.

Dai capitoli precedenti è emerso chiaramente che gli aspetti legati alla programmazione etica delle A.I. sono già stati definiti e regolamentati, almeno come linee guida, dalla Unione Europea con i documenti correlati alla loro "[Ethics guidelines for trustworthy AI](#)". Una disamina degli aspetti legati ai profili giuridici e di responsabilità della guida autonoma sono invece disponibili sul sito di [AI 4 BUSINESS](#).

## Etica e Affidabilità della Guida Autonoma.

L'etica delle A.I. si basa sul principio di renderla affidabile, aspetto ottenibile agendo su tre componenti che dovrebbero essere presenti durante l'intero ciclo di vita del sistema:

- **legalità**, la A.I. deve ottemperare a tutte le leggi e ai regolamenti applicabili,
- **eticità**, la A.I. deve assicurare l'adesione a principi e valori etici,
- **robustezza**, dal punto di vista tecnico e sociale poiché, anche con le migliori intenzioni, i sistemi di IA possono causare danni non intenzionali.

Ciascuna componente in sé è necessaria ma non sufficiente per realizzare un'IA affidabile. Idealmente **le tre componenti operano armonicamente e si sovrappongono**. Se si dovessero verificare tensioni tra di esse la società dovrebbe adoperarsi per risolverle. E da qui nasce la richiesta, giuridica e assicurativa, che sia sempre presente una persona da ritenersi “responsabile” delle attività del nostro veicolo.

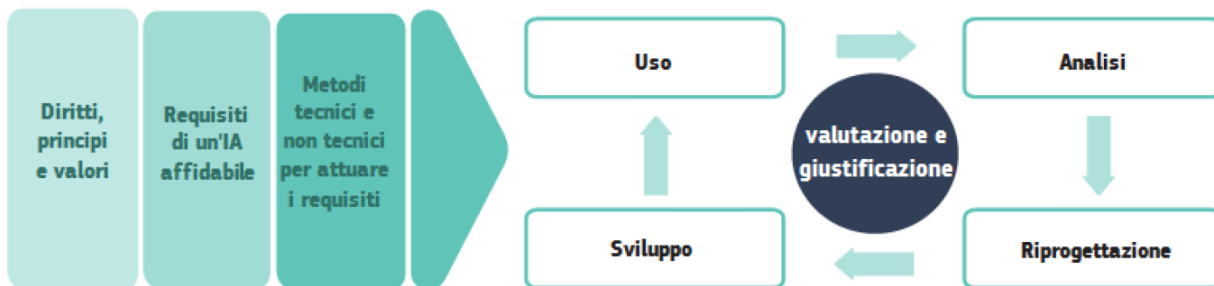


Figura 17. Realizzazione di una A.I. affidabile, procedura da rispettare durante tutto il suo ciclo di vita.

I requisiti da adottare durante la programmazione devono garantire il soddisfacimento dei 7 requisiti di affidabilità individuati dalla UE nella loro guida alle A.I.:

1. **Intervento e sorveglianza umani**, inclusi i diritti fondamentali, l'intervento umano e la sorveglianza umana;
2. **Robustezza tecnica e sicurezza**, inclusi la resilienza agli attacchi e la sicurezza, il piano di emergenza e la sicurezza generale, la precisione, l'affidabilità e la riproducibilità;
3. **Riservatezza e governance dei dati**, inclusi il rispetto della riservatezza, la qualità e l'integrità dei dati e l'accesso ai dati;
4. **Trasparenza**, incluse la tracciabilità, la spiegabilità e la comunicazione;
5. **Diversità, non discriminazione ed equità**, incluse la prevenzione di distorsioni inique, l'accessibilità e la progettazione universale, e la partecipazione dei portatori di interessi;
6. **Benessere sociale e ambientale**, inclusi la sostenibilità e il rispetto ambientale, l'impatto sociale, la società e la democrazia
7. **Accountability**, inclusi la verificabilità, la riduzione al minimo degli effetti negativi e la loro segnalazione, i compromessi e i ricorsi.

## Responsabilità nella Guida Autonoma.

La normativa italiana stabilisce, all'[Art. 46 del Codice della Strada](#), che “*si intendono per veicoli tutte le macchine di qualsiasi specie, che circolano sulle strade guidate dall'uomo*”. Gli autoveicoli dotati di sistemi di guida autonoma di Livello 3 e superiori, quindi, attualmente non potrebbero circolare sulle nostre strade.

Da un punto di vista giuridico/amministrativo, è innanzitutto, possibile individuare tre diverse figure chiave che intervengono in un veicolo:

- il costruttore,
- il proprietario,
- il conducente.

Questo succedeva fino ad ora. E nel futuro? Nel futuro le questioni si complicheranno non poco.

Il veicolo a guida autonoma viene concepito proprio per muoversi in completa autonomia quindi, idealmente, anche senza nessuna persona a bordo. Questa tipologia di condizione non sembra idealizzabile per questioni di responsabilità. Il veicolo dovrebbe risultare sempre presidabile da una persona, dandogli la possibilità di intervenire in qualsiasi momento per riprendere il controllo. Si configura così una quarta figura che è quella del “responsabile” del veicolo, che verrà a coincidere, necessariamente, con la figura del conducente. Il responsabile, infatti, dovrà essere in grado di intervenire in una situazione di emergenza e condurre il mezzo in uno stato di sicurezza per i passeggeri e per gli altri utenti della strada.

A questo punto si rimanda a quanto esposto al Capitolo dedicato alla conduzione di questi veicoli. Gli esempi che circolano attualmente in cui, i veicoli di Livello 4 e 5 non presentano i comandi di guida, come il volante e il cruscotto, non è plausibile. Per poter intervenire in tempi rapidi devono infatti, essere presenti questi 3 elementi:

- **i sistemi di controllo del veicolo**, come volante, freno, etc.,
- **i sistemi di comunicazione con il conducente** potenziale, come le interfacce che avvisano dello stato del veicolo in marcia, aventi anche lo scopo di tenere sempre in condizioni di “allerta” il conducente,
- **il sistema di disattivazione rapida della guida autonoma**.

Attualmente non è dato ancora a sapere come verrà gestita legalmente l’adozione delle future automobili a guida autonoma. Un malfunzionamento del sistema gestito dalla A.I. comporta responsabilità in capo al costruttore, ma, nel caso in cui si verifichi questo malfunzionamento, come si potrà decidere se il conducente ha effettivamente operato in modo tempestivo e corretto? Tra le ipotesi che traspaiono tra le righe dei documenti che parlano di guida autonoma compaiono, da un lato la necessità di un nuovo livello di “abilitazione” alla conduzione di questi veicoli, e dall’altro la possibilità di usare questi veicoli di Livello 4 e 5 solo in percorsi prestabiliti adibiti solo al transito di queste tipologie di mezzi.

## L'aspetto ambientale e la possibile riduzione di consumi

Dal punto di vista ambientale è possibile che dal Livello 3 si possano ridurre i consumi negli autoveicoli. Dato che non è più l'uomo a decidere il comportamento su strada, l'autoveicolo verrà gestito dalla A.I. in modo da ridurre i consumi, portandosi sempre nella condizione ideale di funzionamento.

L'associazione dello stile di guida al tipo di percorso, grazie ai sistemi avanzati di navigazione che saranno installati, potrà ottimizzare la gestione dei consumi. Stabilite le salite e le discese da affrontare, le temperature incontrate durante la marcia, il traffico e quant'altro si possa ottenere, si potrà arrivare a programmare il viaggio ottimizzando il carburante a disposizione, sia esso espresso in kWh accumulati nelle batterie, sia esso espresso in litri di carburante (idrogeno?) presente nel serbatoio.

Tutto rose e fiori? Forse no.



Come per tutti i dispositivi elettronici che comunicano con l'ambiente circostante tramite onde di tipo elettromagnetico, e in quanto dispositivi elettronici, potrebbe generarsi un inquinamento dato proprio dal massiccio utilizzo di apparecchiature elettriche e di comunicazione. Per approfondimenti si rimanda a questo articolo di fonte ANSA in cui si discute di ricerche che sono in atto presso il centro di ricerca JRC di Varese, nello specifico sulle auto elettriche ([clicca qui per leggere l'articolo](#)).

Dettagli maggiori e più specifici sono disponibili nell'articolo di Pinto et al. (2021) che espone le ricerche in atto da parte del JRC sui campi elettromagnetici generati dalle auto elettriche ([clicca qui per leggere l'articolo](#)).

## E il piacere di guida?

Ecco un altro punto dolente della questione!

L'auto di Livello 5, con i sistemi di guida autonoma abilitati, sarà concepita come un "taxi" personale, se non addirittura condiviso, che ci garantirà gli spostamenti in sicurezza e a bassi consumi. Ma il piacere di guida? sarà scomparso in essi in quanto non saranno più pensati come lo sono stati sempre i veicoli fino ad ora. L'auto non sarà più una rappresentazione del proprio ego e/o un mezzo per divertirsi, ma sarà

concepita come un mezzo di trasporto al pari di un aereo, un treno o, appunto, un taxi.

## Conclusioni

Gli sviluppi in campo automobilistico e informatico stanno confluendo verso un nuovo concetto di guida identificabile con i veicoli a guida autonoma.

Questi veicoli prevedono un utilizzo massiccio di sensori di varia natura che permettono la ricostruzione di tutto l'ambiente circostante ad esso. Una unità di controllo, dotato di intelligenza artificiale, sarà in grado di condurre il veicolo in completa autonomia, senza richiedere l'intervento da parte dell'uomo. Ma sarà proprio così?

A livello strettamente tecnologico si può comprendere come, teoricamente, queste tipologie di veicoli sono ormai molto prossimi alla loro realizzazione. Da un punto di vista etico e giuridico permangono ancora dubbi sulla loro validità. I problemi principali sono legati all'affidabilità etica di essi e di come poter attribuire le responsabilità in caso di incidente.

Il documento presentato ha proposto una visione tecnica, e non solo, sulla tecnologia dei veicoli a guida autonoma, concentrando l'attenzione sulle tipologie di Livello 4 e 5.

## Bibliografia.

Tutti i documenti consultati sono consultabili cliccando sui link indicati all'interno del documento, individuabili dalle parti sottolineati ed evidenziati in blu.

## Pubblicazione.

Il presente documento è identificato internamente con il codice

Documento n. *A1-22-TECNO-AUTDRI-01*

Il nome del file è

***A22\_N01 The Autonomous Driving LeggendAuto.pdf***

Il documento è disponibile gratuitamente sul sito

<https://leggendauto.com>

L'autore è

Dott. Ing. Filippo Miotto, titolare del marchio Leggendauto®

La data di pubblicazione è

29 gennaio 2022