

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Civile

Anno accademico 2021/2022

Tesi di Laurea Magistrale

Percezione ed accettazione dei veicoli connessi ed automatizzati (Connected and Automated Vehicles) *Analisi e Profilazione del mercato*



**Politecnico
di Torino**

Relatore:

Prof.ssa Ing. Cristina Pronello

Candidata:

Alessia Di Nitto s278122

Marzo 2022

Sommario

Indice delle figure	3
Indice delle tabelle	4
PREMESSA	6
STATO DELL'ARTE	9
2.1 Le nuove tecnologie di trasporto	9
2.1.1. La mobilità condivisa	11
2.1.2 Le infrastrutture intelligenti e gli impatti territoriali	15
2.1.3. La sperimentazione in Italia e nel mondo, previsione e sviluppo	16
2.2 Definizione e classificazione dei veicoli automatici e connessi	18
2.2.1 Le tecnologie dei veicoli a guida autonoma	21
2.2.2 Architettura dei veicoli a guida autonoma	23
2.2.3. Gli ITS e i sistemi di comunicazione V2X	26
2.2.4 L'auto nei prossimi decenni	28
2.3 Il ruolo della fiducia per le auto a guida autonoma	31
2.3.1 Le variabili psicosociali che influenzano i trasporti	32
2.3.2 I modelli teorici applicati all'ambito dei trasporti	34
2.3.3 Le indagini sulla percezione dei veicoli autonomi	42
OBIETTIVI E METODOLOGIA	44
3.1 Progettazione dell'indagine	44
3.2 Selezione del campione	47
3.3 Creazione del database	49
3.4 Analisi dei dati	52
3.4.1 Analisi Statistica Descrittiva	52
3.4.2 Analisi Fattoriale Esplorativa	54
3.4.3 Analisi dei gruppi (Cluster Analysis)	59
3.5 Definizione del modello teorico	60
RISULTATI	63
4.1 Analisi statistica descrittiva	63
4.1.1 Abitudini di mobilità, conoscenza e preferenze rispetto i VGA	69
4.1.2 Correlazioni tra le variabili socioeconomiche e la percezione rispetto i VGA	74
4.2 Analisi Fattoriale Esplorativa	75
4.2.1 Interpretazione dei fattori	84
4.2.2 Validazione del modello	86
4.2.3 Analisi fattoriale esplorativa del secondo ordine	90

4.3 Analisi dei gruppi (Cluster Analysis)	92
4.3.1 I profili psicografici degli utenti	94
CONCLUSIONI	98
Appendice A1	100
Appendice A2	102
Appendice B1	104
Appendice B2	107
BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	110
Ringraziamenti	113
Allegati	114

Indice delle figure

Figura 1: Smart Mobility	9
Figura 2: Mobility as a Service	10
Figura 3: Car Sharing.....	12
Figura 4: Car Pooling.....	12
Figura 5: Bike Sharing	13
Figura 6: Shared Mobility	14
Figura 7: Le infrastrutture intelligenti	15
Figura 8: Tesla e guida autonoma	17
Figura 9: Sistemi di comunicazione	18
Figura 10: Livelli di automazione della guida	20
Figura 11: Controllo adattativo della velocità di crociera	22
Figura 12: Traffic Jam Assist	23
Figura 13: Tipologie di sensori.....	23
Figura 14: Interazione V2V e V2I	27
Figura 15: Funzionamento del V2V	27
Figura 16: L'evoluzione del trasporto passeggeri dal 2005 fino al 2050	28
Figura 17: L'evoluzione del trasporto merci dal 2005 al 2050	29
Figura 18: L'auto elettrica.....	29
Figura 19: L'auto del futuro	30
Figura 20: Teoria dell’Azione Ragionata – Teoria del Comportamento pianificato	37
Figura 21: Teoria del Comportamento Interpersonale	38
Figura 22: Teoria di Attivazione sulla Norma	39
Figura 23: Modello di Accettazione della Tecnologia.....	40
Figura 24: Modello UTAUT e UTAUT2	41
Figura 25: Esempio di domanda riportato nel questionario	45
Figura 26: Campionamento a palla di neve	47
Figura 27: Numero di osservazioni	49
Figura 28: Numero di osservazioni per l'analisi esplorativa	55
Figura 29: Scree test	57
Figura 30: Car Technology Acceptance Model	62
Figura 31: Distribuzione degli intervistati in base al genere – registrazioni ricevute ed analizzate	64
Figura 32: Distribuzione in termini di età – registrazioni ricevute	65
Figura 33: Distribuzione in termini di età – registrazioni analizzate	65
Figura 34: Spostamenti nella settimana "tipo"	69
Figura 35: Livello di soddisfazione degli utenti per i loro spostamenti	70
Figura 36: Caratteristiche essenziali nei VGA per gli utenti	70
Figura 37: Propensione a vivere lontano dal luogo di lavoro	71
Figura 38: Opinioni rispetto l'utilizzo dei VGA in presenza di bambini con meno di 11 anni	71
Figura 39: Opinioni personali degli utenti in merito a particolari temi.....	72
Figura 40: Problematiche ambientali	73
Figura 41: Scree-plot.....	76
Figura 42: Scree-plot sulle 29 variabili.....	78
Figura 43: Scree-plot sulle 26 variabili finali.....	80
Figura 44: Fattori latenti e coerenza con il modello teorico	85
Figura 45: Scree-plot per l'EFA del secondo ordine	91

Indice delle tabelle

Tabella 1: Tipologie di variabili	46
Tabella 2: Risposte per ogni Paese	48
Tabella 3: Distribuzione dell'occupazione – registrazioni ricevute	66
Tabella 4: Distribuzione dell'occupazione - registrazioni analizzate	66
Tabella 5: Numero di persone con disabilità nel nucleo familiare	67
Tabella 6: Aggregazione del nucleo familiare in base al numero di bambini con meno di 11 anni	68
Tabella 7: Numero di veicoli per nucleo familiare.....	68
Tabella 8: Suddivisione in base alle caratteristiche SAE.....	71
Tabella 9: Disponibilità a pagare	73
Tabella 10: Correlazione di Spearman.....	74
Tabella 11: Test di KMO e di Barlett a sei fattori.....	77
Tabella 12: Matrice del modello a sei fattori	78
Tabella 13: Variabili riferite alle questioni ambientali	79
Tabella 14: Test di KMO e Barlett a cinque fattori	80
Tabella 15: Varianza totale spiegata finale.....	81
Tabella 16: Le variabili analizzate	82
Tabella 17: Matrice del modello a cinque fattori	83
Tabella 18: Statistiche elemento-totale	86
Tabella 19: Statistiche di affidabilità	87
Tabella 20: Alpha di Cronbach sui singoli fattori.....	87
Tabella 21: Matrice modello con 323 osservazioni	88
Tabella 22: Matrice modello con 324 osservazioni	89
Tabella 23: Statistiche dei cinque fattori individuati per le 647 osservazioni totali	90
Tabella 24: Estrazione dei fattori per l'EFA del secondo ordine.....	91
Tabella 25: Tabella ANOVA con divisione in tre gruppi.....	92
Tabella 26: Tabella ANOVA con divisione in quattro gruppi	93
Tabella 27: Numero di casi in ciascun gruppo	93
Tabella 28: Centri finali dei quattro gruppi	93
Tabella 29: Statistiche riferite al test Kruskal-Wallis	95
Tabella 30: Variabili categoriche e quantitative ordinali significative al test Kruskal-Wallis	96
Tabella 31: Variabili categoriche e quantitative ordinali non significative al test Kruskal-Wallis	97
Tabella 32: Livello di istruzione degli intervistati	100
Tabella 33: Composizione familiare degli intervistati	100
Tabella 34: Numero di persone in possesso di patente di guida	101
Tabella 35: Reddito mensile	101
Tabella 36: Spostamenti casa-lavoro.....	102
Tabella 37: Divisione degli spostamenti casa-lavoro.....	102
Tabella 38: Spostamenti casa-scuola/università	102
Tabella 39: Divisione degli spostamenti casa-scuola/università	103
Tabella 40: Spostamenti della settimana "tipo".....	103
Tabella 41: Comunalità iniziali ed estratte - 35 variabili	104
Tabella 42: Comunalità iniziali ed estratte - 29 variabili	105
Tabella 43: Comunalità iniziali ed estratte - 26 variabili	106
Tabella 44: Statistiche elemento-totale per il fattore 1	107

Tabella 45: Statistiche elemento-totale per il fattore 2	107
Tabella 46: Statistiche elemento-totale per il fattore 3	108
Tabella 47: Statistiche elemento-totale per il fattore 4	108
Tabella 48: Statistiche elemento-totale per il fattore 5	109

PREMESSA

Il campo dell'automazione sta riscontrando, sotto la spinta incessante del progresso tecnologico, un interesse via via sempre più crescente in vari settori applicativi, tra cui quello legato all'autoveicolo e all'intelligenza artificiale, con ripercussioni anche nel settore dei trasporti e delle infrastrutture.

La sperimentazione di modelli radiocomandati, risalente ai primi anni del ventesimo secolo, ha segnato l'inizio di un processo in continua evoluzione, con ingenti investimenti delle più grandi case automobilistiche sui veicoli a guida autonoma (VGA) (L'automobile, 2021).

Tra i vari studi sperimentali si ricorda il progetto PROMETHEUS con cui nel 1994 la squadra di Ernst Dickman ha sviluppato un veicolo robotico capace di viaggiare sulle autostrade congestionate di Parigi fino a 130 Km/h, avviando di fatto un nuovo corso legislativo riguardo la sperimentazione e la circolazione dei veicoli a guida autonoma (Scurt et al., 2021).

Per Herbert Diess, il Ceo Austriaco del gruppo Volkswagen che ha investito 27 miliardi nella digitalizzazione, "presto sarà possibile gestire anche situazioni complesse di guida autonoma" e ancora "le auto a guida autonoma saranno pronte per il mercato tra il 2025 ed il 2030". (La Stampa, 2020)

Se la pandemia causata dal Covid-19, infatti, ha capovolto in parte i termini di priorità negli investimenti, tanto che alcune aziende automobilistiche non sarebbero più convinte di puntare sulla guida autonoma, ve ne sono molte altre (Waymo, Tesla, Volkswagen) che recentemente hanno annunciato nuovi test del livello 4 (Ragoni, 2021).

L'introduzione dei veicoli connessi ed automatizzati (Connected and Automated Vehicles, CAV) rappresenta quindi oggi un tema di grande importanza, in linea con il naturale cambiamento della società. Risulta rilevante, nell'ambito dei trasporti, delineare nuove teorie di mobilità e connettività per rispondere alle questioni emergenti di tipo gestionale, legale ed etico legate all'utilizzo dell'innovazione legata alla guida autonoma.

La diffusione di una nuova tecnologia nonché lo sviluppo degli effetti positivi e negativi associati ad essa, infatti, presuppongono l'accettazione ed il conseguente impiego da parte dei futuri utilizzatori dello strumento stesso.

Così la digitalizzazione travolge anche la mobilità, generando notevoli progressi, sebbene siano state messe in evidenza anche le prime criticità e dubbi riguardo l'impatto dei veicoli autonomi sulla società e sull'ambiente. La complessità degli AV è quindi ben compresa non solo dalle aziende che vogliono investire su di essi, ma anche e soprattutto dagli utenti che ne dovranno usufruire e che quindi, in base alle proprie necessità e conoscenze, hanno sviluppato una percezione ed un pensiero specifici sulla questione.

Tra i benefici che dovrebbero portare gli AV, riportati dall'NHTSA (2021), si annovera la sicurezza stradale. Secondo l'NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration) ovvero l'agenzia governativa statunitense per la sicurezza stradale, le nuove tecnologie già in uso (sensori, telecamere, radar) aiutano i conducenti, per esempio, ad evitare di deviare inavvertitamente nelle corsie adiacenti, ad effettuare cambi di corsia non sicuri, a frenare automaticamente se un veicolo davanti a loro si ferma improvvisamente diminuendo il numero dei rischi che comporterebbero incidenti. Questo processo potrebbe portare negli anni futuri i sistemi a guida automatizzata ad assumere l'intero compito di guidare incrementando ulteriormente la sicurezza stradale.

Sempre secondo l’NHTSA, i veicoli connessi ed automatizzati potrebbero portare anche benefici economici e sociali, come nuove opzioni di mobilità in grado di creare nuove opportunità di lavoro, riduzione della congestione del traffico, riduzione delle emissioni dei veicoli contribuendo alla sostenibilità ambientale, nonché una maggiore accessibilità per persone con disabilità o anziani.

Essi potrebbero anche trasformare la percezione del tempo di viaggio da parte dell’utente, sfruttando il tempo dello spostamento per svolgere altre attività come mangiare, dormire, lavorare e/o studiare.

La guida autonoma porterebbe anche una maggiore sostituzione dell’auto privata con i servizi di car sharing e car pooling, con l’obiettivo di ridurre i tempi di viaggio.

Per questi motivi, l’ANFIA (Associazione Nazionale Filiera Industria Automobilistica) auspica che anche in Italia, dopo le indicazioni emerse dal tavolo tecnico con il decreto sulle “Smart Roads” coordinato dall’unità tecnica del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti e pubblicato a marzo 2018, si possa dare il via alla sperimentazione su strade aperte al traffico dei veicoli dotati di guida automatizzata.

Il decreto disciplina l’adeguamento infrastrutturale del trasporto con l’obiettivo di creare una rete di veicoli connessi e definisce le modalità per la sperimentazione dei veicoli a guida autonoma.

Per questo, il 15 maggio 2020 il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti e il Ministero per l’Innovazione Tecnologica e la Digitalizzazione, hanno sottoscritto un protocollo d’intesa per la guida autonoma connessa in ambito urbano ed extraurbano con l’obiettivo di sviluppare e sostenere la ricerca applicata, la sperimentazione e la prototipazione.

Nonostante i propositi, sono ancora notevoli le perplessità riguardo alcuni aspetti dei *driverless*. Un esempio riguarda la sicurezza informatica e l’esposizione all’hackeraggio, in quanto i veicoli automatizzati funzionano anche grazie ad algoritmi basati sull’intelligenza artificiale.

Al di là delle considerazioni tecniche, un altro problema di difficile soluzione è quello legato alla sfera etica, alla responsabilità in caso di incidenti e alla necessità di definire in via preventiva strategie vincenti di pianificazione e cooperazione dei trasporti in accordo anche con le politiche di uso del suolo al fine di evitare impatti territoriali negativi.

La mobilità è inoltre strettamente correlata allo sviluppo economico, in quanto influenzerebbe i costi e l’efficienza creando anche il problema relativo alla forza lavoro. Il ruolo dell’automazione genera la preoccupazione in merito alla riduzione del personale o comunque la necessità di ricollocarlo, creando nuove skills nei lavoratori (We Transform, 2021).

I consumatori, quindi, appaiono in parte sfiduciati rispetto all’innovazione, domandandosi se l’auto sia effettivamente in grado di prendere autonomamente delle decisioni e se davvero il numero di incidenti diminuisca, soprattutto in seguito ad alcune notizie di incidenti mortali che hanno coinvolto gli AV (Ciampanelli, 2018).

La diffidenza, inoltre, si amplifica considerando ragioni puramente personali, come il venire meno del piacere di guida, tanto che lo stesso John Elkann, presidente del marchio di Stellantis e Ferrari, in una recente intervista, ha dichiarato come “una Ferrari a guida autonoma sarebbe triste. Lo spirito è proprio quello di poterla guidare” (QN Motori, 2021).

Obiettivo della tesi è, dunque, quello di investigare i fattori sono in grado di influenzare l’accettazione all’utilizzo dei veicoli autonomi, attraverso un’indagine rivolta inizialmente a persone provenienti da diversi Paesi del mondo, con focus sugli intervistati italiani.

L'indagine è stata svolta attraverso una prima somministrazione di un questionario ed una successiva analisi fattoriale esplorativa per comprendere i fattori latenti che influenzano la percezione ed accettazione dell'utente, che hanno confermato alcune ipotesi dei modelli psicologici e comportamentali.

A tal fine, i costrutti utilizzati come base teorica includono i modelli che nel corso degli anni sono stati elaborati con l'obiettivo di individuare le variabili che influenzano l'accettazione rispetto all'utilizzo di strumenti tecnologici. In particolare, si citano i modelli TPB (Theory Planned Behaviour), CTAM (Car Technology Acceptance Model) e TAM (Technology Acceptance Model) attraverso il quale si evidenziano i fattori di utilità percepita e facilità d'uso percepita in grado di influenzare l'intenzione comportamentale e di conseguenza l'adozione di una tecnologia.

Viene poi presentato il metodo UTAUT (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology) che tiene conto di quattro costrutti chiave: aspettativa di prestazione, aspettativa di sforzo, influenza sociale e condizioni di facilitazione.

Infine, è stata effettuata un'analisi di classificazione dei rispondenti (cluster analysis) che ha permesso di individuare dei gruppi sulla base dei costrutti latenti ottenuti tramite l'analisi fattoriale esplorativa. La finalità è di individuare diversi profili di viaggiatori che potranno permettere di definire le politiche da adottare in merito alla distribuzione sul mercato dei veicoli automatizzati (VA).

Si vuole quindi contribuire a definire i potenziali impatti (positivi e negativi) percepiti dagli utenti e la loro posizione in merito ad essi con il fine di supportare, in modo più chiaro e delineato, le decisioni delle autorità competenti riguardo le nuove politiche di trasporto in Italia.

STATO DELL'ARTE

In questo capitolo si analizzano, in linea generale, le innovazioni tecnologiche nate negli ultimi anni nel contesto di una nuova strategia di sviluppo per la mobilità.

Le città, infatti, stanno diventando sistemi intelligenti in grado di fornire ai cittadini una rete di trasporti sempre più connessa ed automatizzata capace di innescare diffusi processi di sviluppo sostenibile.

I Sistemi di Trasporto Intelligente (ITS), che nascono dall'applicazione ai trasporti delle tecnologie informatiche e delle telecomunicazioni (ICT), rappresentano uno strumento fondamentale per le politiche di trasporto incrementando la sicurezza stradale, permettendo una migliore gestione dei flussi di traffico e riducendo allo stesso tempo l'impatto ambientale.

In questo contesto non solo i piani di mobilità ma anche le infrastrutture viarie dovranno digitalizzarsi e trasformarsi. Le strade, per esempio, dovranno "ampliarsi" con corsie appositamente progettate per i veicoli a guida autonoma.

2.1 Le nuove tecnologie di trasporto

La Smart Mobility rappresenta una nuova concezione di mobilità basata sullo sviluppo sostenibile di una città con il fine di ridurre la congestione stradale per creare flussi più efficienti e per ridurre l'inquinamento. Essa è rinchiusa nel concetto di Smart City che, come rappresentato in Figura 1, rappresenta la creazione di nuove infrastrutture più accessibili, nuove soluzioni di mobilità condivisa e nuove tecnologie di trasporto come auto elettriche ed autonome.



Figura 1: Smart Mobility

Il termine Smart Mobility rappresenta una serie di principi da rispettare nel mondo dei trasporti. Essi sono indicati nell'articolo di Maci (2020):

- flessibilità: indica la possibilità per ogni utente di scegliere la migliore soluzione in termini di modi di trasporto da utilizzare;
- efficienza: indica la capacità di arrivare a destinazione con il miglior percorso e nel minor tempo disponibile;
- integrazione: rappresenta la possibilità nel percorso selezionato di indicare i mezzi di trasporto da utilizzare;
- tecnologie pulite: indica la scelta di veicoli elettrici a zero emissioni;
- sicurezza: mostra la volontà di ridurre gli incidenti su strada;
- accessibilità: permette anche a persone anziane o con disabilità l'uso dei mezzi di trasporto;
- benefici sociali: incrementa la qualità della vita.

Una Smart City deve quindi essere in grado di fornire agli utenti un modello di Mobility as a Service. La sigla MaaS (Mobility as a Service) indica un nuovo modo di spostarsi, ovvero un tipo di mobilità connessa ed intesa come servizio a disposizione delle persone in base alle loro necessità (Figura 2).

L'obiettivo è quello di fornire al cittadino un servizio che gli consenta di pianificare lo spostamento da effettuare, di scegliere la migliore soluzione e, se necessario, di prenotare direttamente i mezzi di trasporto in base alle proprie esigenze, pagando in base alla tipologia di veicolo scelto ed al tempo di utilizzo.

La MaaS offre vantaggi relativi alla riduzione dell'inquinamento e della congestione e, per questo, è sempre più applicato nelle grandi città. Questa tecnologia inizia a diventare problematica quando si tratta di integrare i sistemi di trasporto pubblico con quelli di tipo privato.



Figura 2: Mobility as a Service

È in questo ambito che sono nati i molti servizi di condivisione di auto, biciclette, scooter ed autobus come il car sharing, car pooling, bike sharing e monopattini elettrici. In Europa, lo stato più avanzato rispetto le nuove

tecnologie è la Finlandia in cui si sta creando un trasporto sempre più multimodale. In Italia invece, le città che hanno più puntato sulla mobilità condivisa e sostenibile, sono Torino e Milano.

A Torino, nel 2018, è iniziata la sperimentazione di auto a guida autonoma nel traffico, aderendo inoltre all'Urban Air Mobility (UAM), ovvero un'iniziativa europea per l'effettuazione di test di mobilità aerea urbana con droni. Attualmente, Harvard Alumni Entrepreneurs ha scelto Torino come modello urbano per il primo appuntamento di un ciclo sulle città intelligenti (TorinoToday, 2021).

A Milano invece è nato il primo servizio di car sharing elettrico, E-Vai, che consente di viaggiare nella città con le auto elettriche e condivise e nel resto della regione combinando l'uso dell'auto con il treno o altri servizi come il trasporto pubblico o il bike sharing (E-Vai, 2021).

Dopo l'emergenza del Coronavirus, in base ai dati riportati da Moovit, gli spostamenti sui mezzi pubblici come autobus, metropolitana e treni è diminuito drasticamente. In Lombardia si è osservato un calo del 47% nei mezzi pubblici mentre a Reggio Emilia del 43%.

Questo comporterebbe nei prossimi anni un aumento dell'uso dell'auto privata e quindi la tecnologia si concentrerà probabilmente su di essa o su monopattini e scooter elettrici. Le modalità di trasporto condivise, invece, come car sharing o car pooling dovranno sottostare a maggiori norme di sicurezza affinché vengano utilizzate (Cambosu, 2020).

2.1.1. La mobilità condivisa

Lo sviluppo della Mobility as a Service ha dato vita ad una nuova era basata su nuove tecnologie sempre più avanzate, con la creazione di veicoli connessi ed automatizzati a favore della sostenibilità. Infatti, lo sviluppo sostenibile si applica in particolar modo ai trasporti che sono considerati uno dei maggiori produttori di inquinamento e congestione.

È in questo nuovo contesto che nasce la *sharing mobility*, ovvero una nuova idea di mobilità che vede le persone usare mezzi pubblici o a noleggio per i propri spostamenti anziché usare il mezzo privato.

In linea con questa idea di preservare l'ambiente, si è assistito ad un maggiore uso del trasporto pubblico e della metropolitana nonché alla nascita di nuovi servizi messi in atto da aziende private.

Tra questi nuovi servizi privati è presente il *car sharing*, avviato in Italia nel 2001 per opera di un gruppo di soci di Legambiente a Milano e poi sviluppato in altre grandi città (Roma, Torino, Firenze, Catania, Modena e Bologna).

Rappresenta una modalità di trasporto in cui l'utente noleggia un'auto appartenente ad una flotta di proprietà di terze parti pagando in base alla durata di utilizzo, con un accesso temporaneo al servizio stesso e senza percepire i costi della proprietà.

Il noleggio può essere di due tipi: *andata e ritorno* se gli utenti iniziano e finiscono lo spostamento nello stesso parcheggio dedicato o a *senso unico* in cui l'origine e la destinazione non coincidono. Rientrano in questa categoria aziende come Enjoy e Car2go (Figura 3).

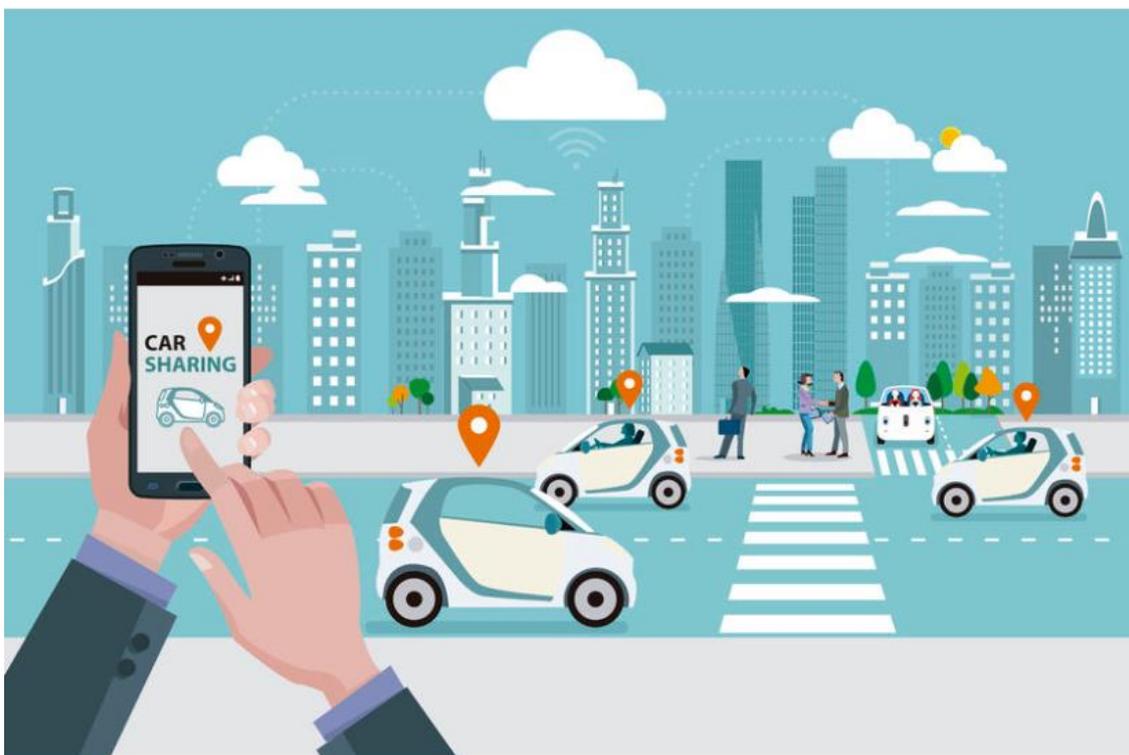


Figura 3: Car Sharing

Un'altra nuova modalità di trasporto di condivisione è il *car pooling/ride sharing*. Esso si riferisce all'uso condiviso di un veicolo privato tra il conducente (il proprietario del veicolo) e altre persone che devono percorrere uno stesso itinerario o una parte di esso. Gli utenti condividono i costi percepiti senza un guadagno effettivo da parte del conducente. In questo modo si ottiene un risparmio in termine di carburante, olio, pneumatici oltre che per i pedaggi ed i costi di parcheggio. BlaBlaCar rientra in questa attività (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).



Figura 4: Car Pooling

Il concetto di ride sharing è spesso confuso con quello di *ride sourcing*, che si riferisce ad un servizio di trasporto prestabilito e su richiesta che, dietro compenso, collegano autisti di veicoli personali con altri passeggeri. Un esempio è Uber.

Ovviamente queste tipologie di trasporto comportano anche alcuni svantaggi relativi soprattutto alla privacy essendo a stretto contratto con persone che non si conoscono.

Sono poi presenti i sistemi di noleggio “a chiamata” che usufruiscono di una semplice app per prenotare e pagare una corsa in taxi. L’applicazione permette di individuare i taxi più vicini in base alla posizione dell’utente, indicando anche il tempo di attesa. Un esempio è l’app Freenow che offre servizi tipo taxi a Roma, Milano e Torino.

Nel 2018, inoltre, si è assistito in Italia ad un boom del *bike sharing*, ovvero un tipo di servizio di mobilità alternativa che mette a disposizione un parco di bici tradizionali o elettriche con l’obiettivo di spingere i cittadini ad uno stile di vita più sostenibile ed economico (Figura 5).

Le biciclette, che si trovano principalmente nei maggiori luoghi attrattivi della città, sono in appositi parcheggi o lasciate dove si preferisce a seconda del gestore (*station based o free floating*). Attraverso un abbonamento acquistabile tramite App, è possibile sbloccare la bicicletta e usarla liberamente sul territorio (Commissione europea, 2019; Bressa 2020).

Il servizio di bike sharing più diffuso in Italia è Biciincittà, presente in diversi comuni. Alcuni esempi sono TObike (Torino), PedaliAmo (Alghero) e CicloPi (Pisa). A Milano, invece, ci sono attualmente due servizi: BikeMi gestito da ATM (Autorità di Trasporti Milanese) con parcheggi prestabiliti e Mobike gestito da privati e senza l’obbligo di parcheggio in postazione fissa.

Sempre a Milano si stanno introducendo le biciclette elettriche di Dott, azienda olandese nel campo dello sharing, dotate di GPS per il tracciamento dei veicoli e di ganci antifurto per le batterie (Bettoni, 2021).

Volendo dare uno sguardo alla Francia, si cita Velib Metropole che rappresenta il servizio di bikesharing di Parigi che permette spostamenti veloci e in autonomia sia con biciclette classiche che elettriche.



Figura 5: Bike Sharing

Successivamente, sulla scia della mobilità sostenibile, sono nati i primi servizi di *scooter sharing* che riprende il concetto di car sharing ma utilizzando mezzi a due ruote anziché su quattro. L'azienda spesso mette a disposizione oltre che lo scooter, che ha una velocità limitata di 90 Km/h e un sistema satellitare di rilevamento in caso di incidente, anche il casco e i proteggi cuffia. Inoltre, negli ultimi anni si stanno sviluppando gli scooter elettrici.

MiMoto è, per esempio, il primo servizio italiano di scooter elettrici condivisi attivo a Torino, Milano, Genova e Firenze. Hanno una velocità massima di 45 Km/h e si attivano tramite app su cellulare. Nel bauletto posto sul retro si trovano due caschi e le cuffie igieniche usa e getta. Una volta finito il suo utilizzo possono essere lasciati dove si vuole rispettando comunque il limite di zona operativa e l'eventuale presenza di divieti di sosta o passi carrabili (MiMoto, 2021).

Un altro strumento usato per la mobilità urbana è il monopattino elettrico. Anche in questo caso per noleggiarli è sufficiente usare una delle app dei tanti gestori presenti. Riportando come esempio Torino, tra i gestori compaiono Bird startup californiana, Dott startup olandese e Helbitz compagnia di trasporti interurbani italoamericana (Figura 6).



Figura 6: Shared Mobility

A seguito dell'articolo 33 bis della legge n. 8 del 28 febbraio 2020 sull'equiparazione dei monopattini elettrici ai velocipedi (in fase sperimentale fino al 27 luglio 2022), essi possono essere usati solo da chi ha compiuto 14 anni con obbligo del casco per i minorenni.

Inoltre, il motore elettrico non deve essere superiore a 500 Watt, non devono essere dotati di posto a sedere, devono avere un limitatore di velocità affinché non si superino i 25 Km/h quando circolano sulla carreggiata delle strade (6Km/h se circolano nelle aree pedonali) ed infine avere il campanello e la marcatura CE.

La legge impone anche che 30 minuti dopo il tramonto e in condizioni di scarsa visibilità si abbiano luci bianche o gialle nella parte anteriore e rosse in quella posteriore con catarifrangenti (Torino giovani, 2021).

Da aprile 2021, comunque, si sta discutendo su un nuovo progetto di legge riguardo la circolazione dei monopattini elettrici, che imporrebbe solo ai maggiorenni la loro guida con l'uso di casco e giubbotto catarifrangente, il divieto di circolare dopo il tramonto e il mantenimento della velocità al di sotto dei 20 Km/h (Lombardi, 2021).

2.1.2 Le infrastrutture intelligenti e gli impatti territoriali

Per supportare i cambiamenti relativi alla mobilità, anche le infrastrutture dovranno aggiornarsi e trasformarsi. Nasce quindi il concetto di *Smart Road* (Figura 7) che rappresenta una nuova concezione di strada capace di consentire la comunicazione e l'interconnessione tra i veicoli. SMART è infatti l'acronimo di Sicura, Multimediale, Aperta, Rinnovabile e Tecnologica (PON-Infrastrutture e Reti, 2021).

Saranno implementati nuovi sistemi di rilevazioni meteo e del traffico per consentire l'ottenimento di dati ed informazioni in tempo reale relativi ai flussi o alla formazione di incidenti, fornendo indicazioni sui percorsi alternativi, sulla gestione degli accessi e degli interventi in caso di emergenza oltre che sulla segnalazione dei parcheggi.

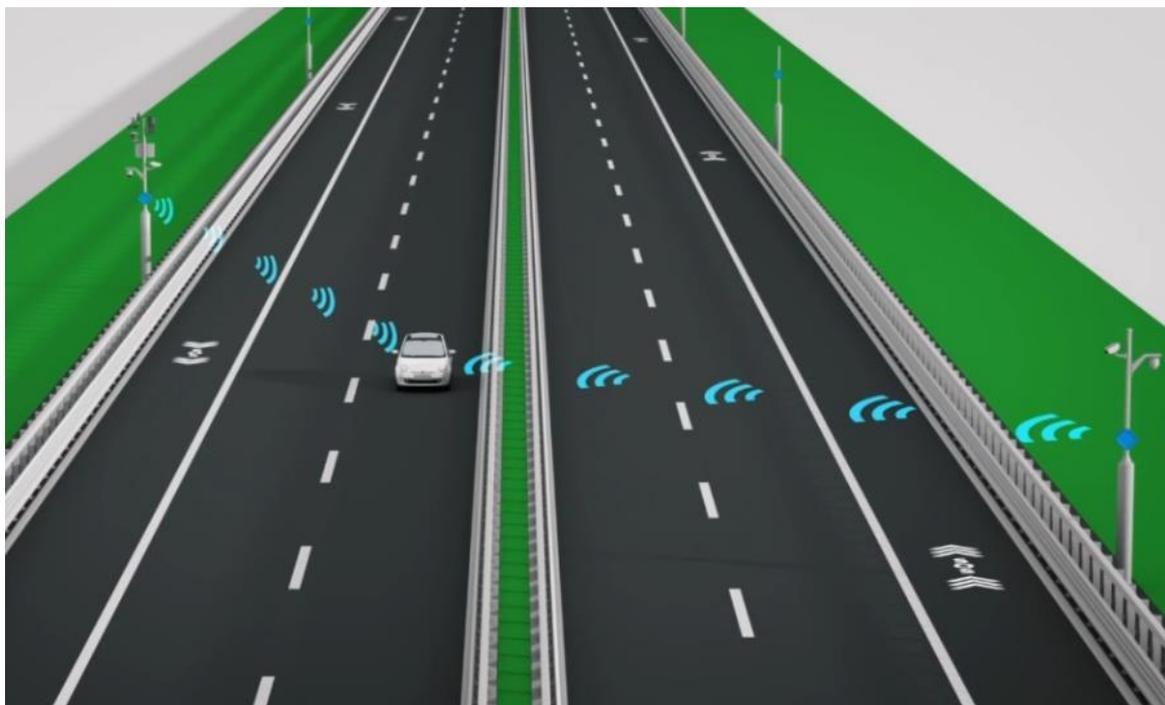


Figura 7: Le infrastrutture intelligenti

Nell'aprile 2018 il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (MIT) ha emanato un decreto sulle Smart Road affinché la rete infrastrutturale italiana possa beneficiare delle nuove soluzioni tecnologiche attraverso una rete di connessione hotspot Wi-Fi in modo da creare un sistema connesso e sicuro, permettendo anche la sperimentazione su strada dei veicoli automatizzati.

Il decreto prevede, entro il 2025, una trasformazione digitale delle infrastrutture appartenenti alla rete TEN_T (Trans European Network- Trasporti) e alla totale rete autostradale italiana, oltre che l'estensione dei lavori entro il 2030 anche alla rete del Sistema Nazionale Integrato dei Trasporti (SNIT), identificata dal Piano Generale dei Trasporti e della Logistica (PGTL).

Nel settembre 2020 l'Osservatorio tecnico di supporto per le Smart Road e per il veicolo connesso e a guida automatica del MIT, ha predisposto un aggiornamento del decreto del 2018 nel quale si prevede un'estensione della sperimentazione su strada pubblica anche ai mezzi di trasporto innovativi, non omologati né omologabili che non dispongono di un volante o di una pedaliera, ossia quelli a guida autonoma.

Questo fa sì che non solo le infrastrutture esistenti dovranno essere integrate con sistemi di tecnologia avanzata, ma presuppone anche la costruzione di nuove infrastrutture più adatte alla circolazione dei nuovi veicoli.

Anas S.p.A (Azienda Nazionale Autonoma delle Strade Statali) sta iniziando a definire proprio in questi anni una nuova concezione di rete italiana digitalizzata attraverso l'uso delle tecnologie IoT (Internet of Things) e AI (Artificial Intelligence), con un investimento di 1 miliardo di euro su 3000 chilometri.

Inoltre, i dati (Open Data e Big Data) dovranno essere "aperti" e "fruibili" dal gestore dell'infrastruttura, dai viaggiatori, della autorità e dagli enti di pianificazione per il mondo digitale.

Gli obiettivi sono legati all'incremento della sicurezza stradale, all'ottimizzazione del controllo del traffico e alla manutenzione delle infrastrutture per creare una rete efficiente, connessa e sostenibile basata su Green Island, cioè aree dislocate lungo la strada che ospiteranno impianti di generazione elettrica per alimentare i veicoli e la sensoristica stradale.

Il sistema di comunicazione è realizzato attraverso una tecnologia Wi-Fi per la connettività delle persone e degli strumenti informatici associata alla comunicazione WAVE (Wireless Access Vehicle Environment) per consentire la connessione tra veicoli e infrastruttura.

Le infrastrutture stradali saranno inoltre caratterizzate dalla presenza di *corsie dinamiche* che prevedono l'utilizzo della corsia più a destra come corsia di marcia o corsia di emergenza in base alla necessità o al volume del traffico, e di *smart tunnel* come strumento di gestione della sicurezza nelle gallerie prevenendo e monitorando costantemente eventuali situazioni di pericolo (Anas S.p.a., 2018).

Un primo investimento di 250 milioni di euro, grazie anche ai contributi europei, ha riguardato il PON-IR 2014-2020 (Piano Operativo Nazionale-Infrastrutture e Reti) intervenendo nelle regioni della Basilicata, Calabria, Campania, Puglia e Sicilia occupandosi, per esempio, dell'implementazione di un'infrastruttura intelligente per la statale 51 "Alemagna" e per l'autostrada A2-Autostrada del Mediterraneo.

Proprio in occasione dei Campionati mondiali di sci alpino a Cortina D'Ampezzo nel febbraio 2021, Anas ha rappresentato la prima Smart Road trasformando la statale 51 in un'infrastruttura connessa e digitale (Anas Smart Road, 2021).

2.1.3. La sperimentazione in Italia e nel mondo, previsione e sviluppo

Concentrandosi sui veicoli a guida autonoma e sulle infrastrutture intelligenti, si vuole capire a che punto si è arrivati con la sperimentazione, guardando in primo luogo l'Italia e poi anche il resto del mondo.

Anas insieme al Ministero delle Infrastrutture e delle mobilità sostenibili, è membro di PIARC (World Road Association) ovvero la più importante associazione di strade su scala mondiale. Questo permette un costante aggiornamento delle società italiane con i gestori di altri Paesi.

L'Italia è inoltre membro della piattaforma C-Roads attraverso la quale autorità ed operatori stradali provenienti da tutti gli Stati membri europei testano ed implementano sistemi di trasporto intelligenti cooperativi (C-ITS) con l'obiettivo di creare una rete interoperabile tra i vari Paesi per gli utenti.

Lo scorso anno, inoltre, Anas ha organizzato un webinar internazionale relativo all'implementazione della smart mobility su strada nonché al test di guida autonoma e connessa (Autonomous driving and Smart

Mobility) in modo da avere un confronto anche con i paesi extraeuropei, tra cui Stati Uniti, Israele e Cina (Crocco, 2021).

La sperimentazione della guida autonoma in Italia nasce nel 2015 presso il Centro Comune di Ricerca (JRC) di Ispra che, insieme all'azienda e-Shock di Milano, aveva l'obiettivo di sviluppare nuovi modelli di smart city e di guida autonoma con un progetto presentato al CES (Consumer Electronics Shows) 2020 a Las Vegas.

In Italia è inoltre presente la startup Next Future Transportation con sede a Padova che sta sperimentando i propri mezzi elettrici proprio su suolo italiano e la startup WeTransform che affronta le questioni relative all'automazione ed alla forza lavoro incoraggiando le decisioni delle autorità competenti.

Tra le città italiane che stanno sperimentando la guida autonoma è presente Torino. A gennaio 2020, infatti, ha preso il via la sperimentazione dei van elettrici "Olli 2", ovvero un minibus appartenente al livello SAE 4 che si ricarica in due ore e può trasportare 12 passeggeri con una velocità di 25 Km/h (Villa, 2021).

In Francia è presente invece la società Navya, produttrice di mezzi di trasporto autonomi ed elettrici e fornitrice di soluzioni innovative di mobilità intelligente.

Volendo dare uno sguardo oltreoceano, è da poco che Tesla ha reso disponibile negli Stati Uniti, tramite abbonamento mensile, la funzione di guida autonoma attraverso il pacchetto Full Self-Driving che, nonostante consenta alle vetture Tesla di guidare da sole anche in ambito urbano, corrisponde comunque ad un livello SAE 2 di automazione in cui il conducente deve ancora prestare attenzione in ogni momento alla strada ed all'ambiente circostante (Figura 8).

In tempi piuttosto brevi la guida autonoma di Tesla è stata migliorata arrivando alla versione dieci che, seppur con evidenti miglioramenti, continua ad avere difetti ed a compiere errori anche gravi quando è in ambiente urbano e quindi in presenza di rotatorie, incroci e pile di viadotti, ovvero situazioni più complicate che il sistema non riesce ancora a gestire (Esposito, 2021).



Figura 8: Tesla e guida autonoma

I progetti descritti, nonostante gli scenari diversi, hanno degli obiettivi comuni e si basano su uno sviluppo proattivo della digitalizzazione nell'ambito dei trasporti e della mobilità. Si prevede infatti che l'evoluzione tecnologica dei futuri anni porti ad una maggiore interazione tra i veicoli e l'infrastruttura favorendo una mobilità anche più sostenibile e sicura, in linea con le necessità della società odierna.

Si presuppone, inoltre, che vengano superate le perplessità degli utenti che saranno i futuri passeggeri di tali veicoli o comunque i pedoni che circoleranno nella nuova infrastruttura.

Negli ultimi anni, infatti, ricercatori e produttori stanno aiutando i VGA ad interagire con pedoni per compensare l'assenza dei conducenti umani. Nell'agosto 2021, Honda ha rilasciato un veicolo che sarà concettualizzato nel 2040 e che prevede una faccia frontale con espressioni facciali emotive animate per migliorarne la loro accettazione rendendoli più "umani" agli occhi delle persone (Sood, 2021).

2.2 Definizione e classificazione dei veicoli automatici e connessi

La guida autonoma rappresenta la più grande innovazione di questi ultimi anni capace di trasformare radicalmente il sistema di trasporto e mobilità così come lo stile di vita delle persone.

L'implementazione delle nuove tecnologie ha permesso innanzitutto lo sviluppo dei *sistemi ADAS* (Advanced Driver Assistance System), ovvero dispositivi di assistenza attiva e passiva alla guida formati da sensori interconnessi che sono stati progettati per ridurre la probabilità di contrarre un incidente ed evitare distrazioni al volante.

Tra i sistemi ADAS più importanti per la sicurezza stradale e che diventeranno obbligatori a partire dal 2022, si cita il Cruise Control Adattativo (ACC) come principale sistema anticollisione veicolo-veicolo, la frenata automatica di emergenza (AEB), il monitoraggio degli angoli ciechi, il mantenimento della corsia di marcia e il riconoscimento della segnaletica stradale (Automobile.it, 2021).

I nuovi ADAS emergenti sfruttano le nuove tecnologie basate sui *veicoli connessi*, ovvero veicoli capaci di comunicare tra loro tramite una rete WLAN o LTE che supporta lo scambio di informazioni tra l'automobile e "qualcos'altro" (V2X), in particolare con l'infrastruttura stradale (V2I), con altri veicoli (V2V), con i pedoni (V2P) o con un'intera rete (V2N) (Condemi, 2021).

Questo è riportato in Figura 9 e si presuppone che entro il 2024 il 75 % delle auto sarà connesso.

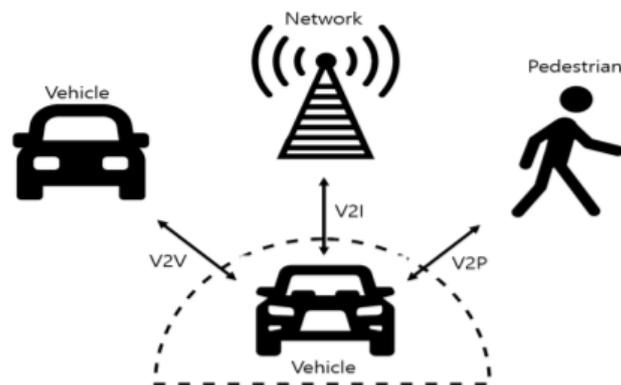


Figura 9: Sistemi di comunicazione

Questi sistemi permettono di anticipare i tempi di reazione e, di conseguenza, contribuire alla riduzione degli incidenti (secondo il rapporto "Road fatality statistics in the EU" pubblicato dal parlamento europeo, il 95% degli incidenti stradali verificatisi nei Paesi UE nel 2019 sono dovuti ad errori umani) e alla riduzione dei tempi di viaggio.

Attraverso l'uso dei sistemi integrati a bordo o utilizzando i dispositivi telematici, è possibile inviare i dati ad un servizio cloud che li elabora e li fornisce al conducente.

Le infrastrutture viarie stanno quindi cambiando per formare dei sistemi cooperativi ed intelligenti di trasporto che consentono al conducente di ricevere, in tempo reale, informazioni riguardo il tratto di percorrenza come la presenza di segnaletica e la formazione di incidenti.

Il termine *autonomo* indica, come definizione generale, la capacità di compiere determinate operazioni o lavorazioni senza il diretto intervento dell'uomo.

I *veicoli a guida autonoma* esplorano l'ambiente circostante con strumenti quali radar, lidar, GPS mentre i sistemi di controllo interpretano le informazioni ricevute per elaborare la presenza di ostacoli o per indicare il percorso più appropriato.

Anzitutto è necessario distinguere tra i termini "autonomia" e "automazione" che, seppure siano spesso usati come sinonimi, indicano in realtà due concetti ben diversi. I vari sistemi di guida che si dividono in manuale, automatizzato ed autonomo, possono comunque essere installati cumulativamente sullo stesso veicolo.

Matthias Hartwing, giurista e relatore scientifico presso l'IKEM (Istituto per la protezione del clima, energia e la mobilità) definisce la seguente classificazione riportata in un articolo da Ianese (2021):

Veicoli con funzione di guida manuale: uomo e macchina sono due enti separati. Il conducente non può distrarsi dalla guida e dal controllo del veicolo.

Veicoli con funzione di guida automatizzata che può essere attivata dal conducente: vi è una prima interazione tra uomo e macchina, infatti, la vettura può controllare l'accelerazione, la frenata, lo sterzo. Comunque, il conducente non può disinteressarsi completamente della guida ma deve saper riprendere in modo rapido i comandi se necessario.

Veicoli con funzione di guida autonoma o indipendente: il sistema svolge tutte le operazioni da sé e il conducente non deve supervisionare.

La distinzione tra le funzioni di guida autonoma e automatizzata è strettamente correlata ai diversi gradi di automazione che sono stati inizialmente definiti dalla NHTSA nel 2013 individuando cinque livelli di autonomia. L'anno successivo la SAE International (Society of Automotive Engineers), ente di normazione americano nel campo dell'industria aerospaziale, automobilistica e veicolistica, ha rilasciato un nuovo standard SAE J3016:JAN2014, aggiornato poi nel 2016 come J3016:SEP2016 che si basa su sei livelli (da 0 a 5).

Nella presente tesi si è deciso di adottare quest'ultimo standard per la suddivisione dei veicoli in base al livello di funzionalità automatizzate possedute.

La classificazione dei veicoli a guida autonoma è dunque divisa in sei livelli di progresso tecnologico di assistenza alla guida, riportati in Figura 10, che vanno dalla mancanza di automazione (dove è richiesto il conducente completamente impegnato) alla piena autonomia (dove il veicolo è indipendente e non c'è la necessità del conducente a bordo).

In breve, ciò significa che dal livello 0 al livello 5 il sistema gradualmente assume i compiti di guida, consentendo agli utenti di dedicarsi sempre di più ad altre attività.

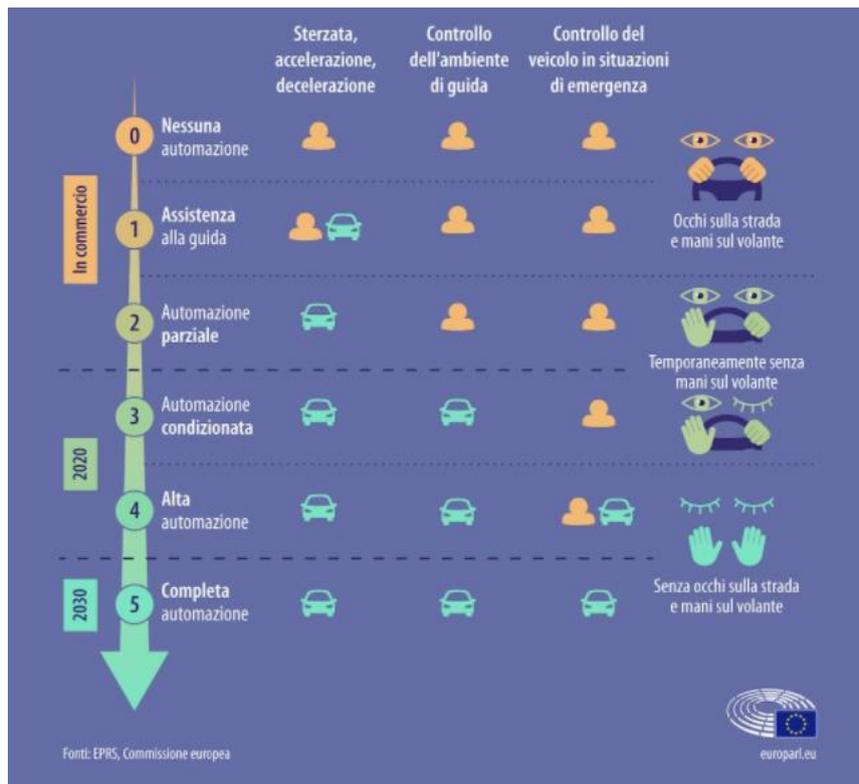


Figura 10: Livelli di automazione della guida

Livello 0 – Nessuna autonomia: il conducente ha piena responsabilità delle operazioni di guida. Possono essere presenti dei sistemi di sicurezza come la frenata di emergenza automatica ma, dato che in situazioni pericolose non modificano il ruolo del guidatore, non sono considerati sistemi di automazione.

Livello 1 – Assistenza alla guida: il conducente deve mantenere costantemente il controllo del veicolo rispetto all'ambiente circostante. Sono comunque presenti dei sistemi che permettono al veicolo di spostarsi come sistemi di aiuto al parcheggio, sistemi di controllo adattativo della velocità o sistemi che indicano la presenza di pericoli. L'auto si limita a rappresentare le situazioni come allarme visivo o acustico.

Livello 2 – Automazione parziale: il conducente deve mantenere una costante supervisione sulla guida e sull'ambiente ma il veicolo è in grado, in specifici contesti, di spostarsi in modo autonomo e gestire accelerazioni e decelerazioni come la frenata assistita o di anticollisione.

Livello 3 – Automazione condizionata: da questo livello si inizia a parlare di vera e propria guida automatizzata infatti il veicolo, in uno specifico contesto come l'autostrada, è gestito completamente dai sistemi di guida autonoma. In questo caso il conducente deve prendere il controllo del veicolo quando vi è una richiesta di intervento da parte del sistema stesso (ad esempio in caso di maltempo, o guasto meccanico). Il guidatore può, quindi, distogliere l'attenzione momentaneamente, ma deve riacquisire il comando repentinamente se necessario.

Livello 4 – Alta automazione: il veicolo è gestito completamente dai sistemi di guida autonoma con sistemi di accelerazione, decelerazione, sterzata anche nelle situazioni di traffico ordinarie. Il veicolo guida, quindi, in autonomia ma il guidatore può riprendere la guida se lo richiede.

Livello 5 – Completa automazione: il veicolo è gestito completamente dai sistemi di guida autonoma ed è capace di operare anche in situazioni critiche come quelle stradali, meteorologiche e di traffico. In questo

caso non è necessaria la presenza di un conducente a bordo del veicolo in quanto non è richiesto nessun suo intervento.

Riassumendo, i veicoli già presenti sul mercato sono quelli con funzione di guida automatizzata che si collocano fino al livello SAE2 mentre dal SAE3 in poi si parla di guida autonoma.

Le case automobilistiche hanno, ad oggi, incominciato a sperimentare il livello SAE 3 come ad esempio il gruppo Stellantis, Opel e BMW. Proprio quest'ultima sta testando la BMW Serie 7 che dovrebbe essere rilasciata nel 2023. Essa potrà guidare in autonomia in alcune condizioni ma con il conducente sempre pronto a prendere il controllo in caso di necessità. Frank Weber, direttore dello sviluppo di BMW, ha anche confermato come la stessa tecnologia sarà presente su altri veicoli della compagnia tedesca, tra cui X5, X7, Serie 5 e iX.

Nonostante questo, bisogna menzionare come la pandemia da coronavirus abbia causato delle forti perdite economiche incidendo anche sulle decisioni intraprese rispetto gli AV. È il caso di Audi che, con il fine di limitare in questo momento gli investimenti, ha deciso di non proporre più la guida autonoma di livello 3 sulla A8 (Odzinov, 2021).

Se la Commissione Europea (2018) garantiva la messa in commercio dei primi veicoli autonomi in determinate condizioni di marcia entro il 2020 e l'uso comune entro il 2030, ovviamente questi tempi sono stati prolungati dalla pandemia.

2.2.1 Le tecnologie dei veicoli a guida autonoma

In questo sotto capitolo si intendono analizzare più nello specifico le funzionalità presenti nei veicoli automatizzati ed autonomi partendo dai livelli analizzati in precedenza.

L'ABS (Antilock Bracking System), che risale al 1978, è stato uno dei primi sistemi di assistenza alla guida che permette di ridurre la distanza di arresto evitando il blocco totale delle ruote. Successivamente è stato introdotto anche l'ESP (Electronic Stability Program) per il controllo della stabilità del veicolo.

Con il termine *compito di guida automatico* (Dynamic Driving Task, DDT) si intendono le funzioni operative in tempo reale necessarie per far funzionare un veicolo considerando la tipologia di strada, la delimitazione geografica, l'ambiente circostante e le condizioni temporanee (Operational Design Domain ODD). Per completezza sono riportati i principali sistemi hardware e software raggruppati in base al livello della SAE.

Considerando il livello 0, l'intero DDT è svolto dal conducente mentre per i livelli 1 e 2 parte del DDT è svolto dal sistema. In particolare, al livello 1 le maggiori funzionalità sono l'ACC ovvero il controllo adattativo della velocità di crociera (Adaptive Cruise Control) che permette il mantenimento della distanza di sicurezza agendo sulla velocità e riducendola in condizioni congestionate di traffico (Figura 11) e la LDWS (Lane Departure Warning System) ovvero un sistema che riconosce le linee di carreggiata avvisando il guidatore in caso le sorpassi.

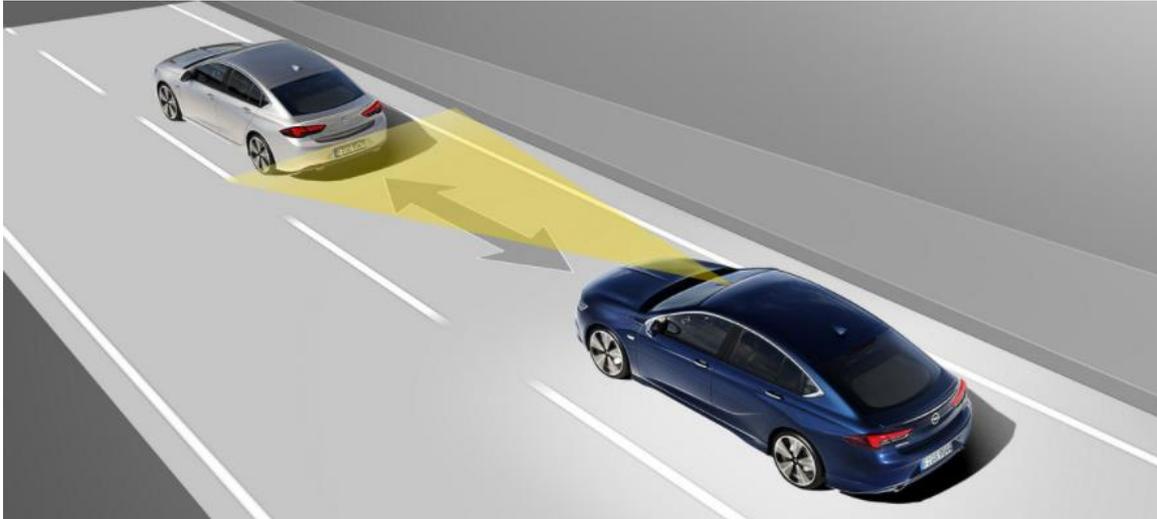


Figura 11: Controllo adattativo della velocità di crociera

Al livello 2 invece si configurano la LKA (Lane Keep Assist) e il PA (Park Assist). La LKA lavora insieme alla LDWS in quanto agisce se il conducente non esegue alcune manovre per il ritorno in corsia, impartendo una lieve controsterzata. Per quanto riguarda il parcheggio assistito questi sistemi agevolano il guidatore nella fase di posteggio segnalando eventuali ostacoli attraverso sensori ad ultrasuoni, radar a lungo raggio o videocamere.

Nelle auto di livello 3 quasi l'intero DDT è svolto dal sistema con alcune eccezioni. Sono presenti funzionalità avanzate che permettono una maggiore autonomia come l'AEB (Automatic Emergency Braking), il DM (Driver Monitoring) e il TJA (Traffic Jam Assist).

L'AEB è una tecnologia che permette di evitare collisioni avvisando il conducente dell'imminente impatto e aiutandolo a fermare il veicolo nel modo ottimale.

Il DM monitora il conducente e lo avvisa con luci lampeggianti o suoni di avvertimento quando è rilevata una situazione di emergenza.

Infine, il TJA (Figura 12) è una funzione che aiuta il conducente a condurre il veicolo in caso di incroci congestionati. L'auto è in grado di frenare, avviare, mantenere una distanza di sicurezza, mantenere il veicolo nella corsia in modo autonomo attraverso sensori con funzionalità avanzate.

All'interno del quarto livello il sistema ha il controllo e la responsabilità totale. Dal punto di vista delle funzionalità non vi sono grandi introduzioni se non la "sensor fusion" ovvero un sistema che, una volta raccolti i dati in modo individuale li combina per una migliore interpretazione dell'ambiente circostante così da adottare soluzioni più sicure.

Per concludere al livello 5 si configura il pilota automatico (AP) in quanto l'auto sa gestire ogni circostanza, anche problematica, riconoscendo la tridimensionalità degli altri veicoli presenti su strada. Con il pilota automatico il veicolo è capace di seguire una traiettoria, pianificare uno spostamento da un'origine ad una destinazione e gestire ogni tipologia di manovra (News auto, 2020; Zanchin et al., 2017).

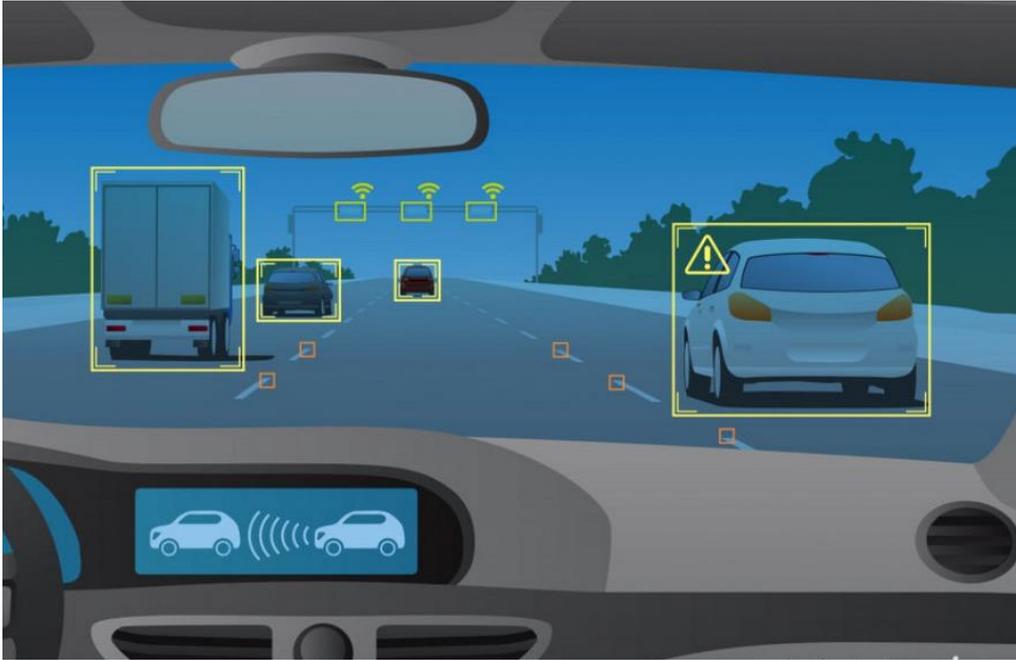


Figura 12: Traffic Jam Assist

2.2.2 Architettura dei veicoli a guida autonoma

L'architettura di base di un AV è pressoché standard, nonostante poi le piccole differenze tra case automobilistiche. È in linea generale composto da quattro parti: il sistema di rilevamento, il sistema client, il sistema di azione e l'interfaccia uomo-utente (HMI).

Il *sistema di rilevamento* è composto principalmente da sensori a corto o medio/lungo raggio, mostrati in Figura 13, che permettono la raccolta delle informazioni dall'ambiente, dall'infrastruttura e dagli altri veicoli e/o pedoni in tempo reale. I sensori a corto e medio/lungo raggio sono integrati tra loro per bilanciare gli svantaggi di ognuno.

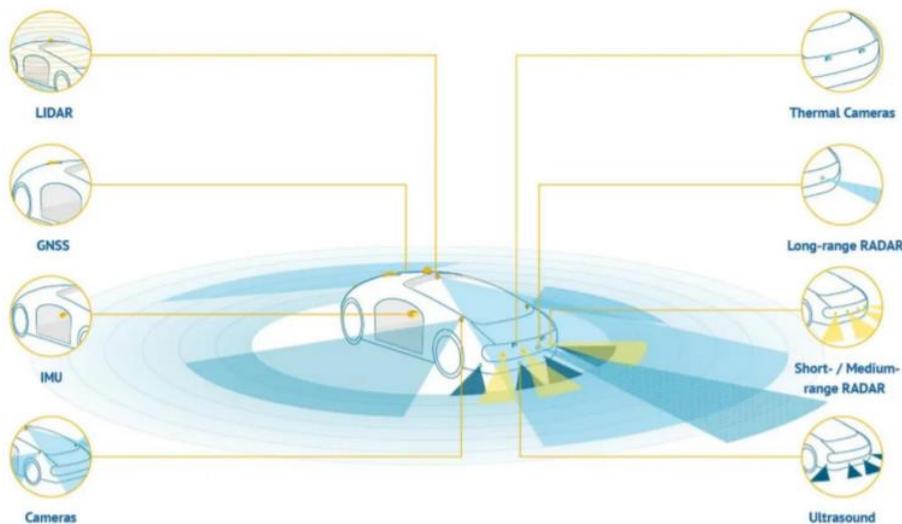


Figura 13: Tipologie di sensori

Un elenco dei principali sensori presenti, riportato da Martinez-Diaz et al. (2018) e, successivamente, da Scurt et al. (2021), è così definito:

- Radar (Radar Detection and Ranging): calcolano, attraverso l'utilizzo di onde elettromagnetiche appartenenti allo spettro delle onde radio o microonde, la distanza e la velocità dell'oggetto più vicino davanti al veicolo considerato, permettendo di evitare all'ultimo le collisioni. Sono divisi in due categorie: radar a lungo raggio (LRR) e radar a medio raggio (MRR). I dati vengono elaborati in tempi ridotti e trasmessi ai controlli interni per l'esecuzione di manovre di emergenza. Uno svantaggio presente nel radar è la mancanza di visione periferica. Questi sensori sono montati davanti, dietro o qualche volta agli angoli laterali del veicolo e hanno un range fino a 200 m con una dispersione fino a 40 gradi;
- Sensori ultrasonici: individuano oggetti nelle immediate vicinanze del veicolo e sono montati su tutti i lati del veicolo e sono usati principalmente come assistenza al parcheggio;
- Lidar (Light Detection and Ranging): è una tecnica di telerilevamento che permette di determinare la distanza da un oggetto con un impulso laser anche in condizioni atmosferiche difficili. La tecnica laser scanner mette a disposizione uno strumento che, in modo autonomo, acquisisce milioni di punti 3D. Permette quindi di rilevare ostacoli e la loro distanza dal veicolo nonché di produrre una mappa dinamica e tridimensionale dell'ambiente. Le precisioni richieste variano in un ampio spettro e di solito è montato sul tetto dell'automobile per avere una visione a 360 gradi;
- Telecamere termiche: con la loro capacità di rilevare il calore, rilevano in modo tempestivo la presenza di pedoni, animali, altri veicoli sulla strada o nelle vicinanze. Rilevano anche in condizioni più difficili di movimento come di notte, con una forte luminosità o nebbia;
- Videocamere: sono posizionate nella parte anteriore accanto allo specchietto retrovisore. Monitorano la strada e trasmettono informazioni per il riconoscimento della segnaletica stradale, semafori, pedoni, ciclisti. Alcuni veicoli autonomi hanno videocamere anche nella parte posteriore per una visione a 360 gradi. Sono sensibili alle condizioni atmosferiche avverse e ai cambiamenti di luce;
- GNSS (GPS)/IMU: il GPS (Global Positioning System) è il sistema di posizionamento e navigazione satellitare militare statunitense che fa parte della famiglia del GNSS (Global Navigation Satellite System) ovvero il sistema geo-radiolocalizzazione e navigazione terrestre, marittima o aerea che utilizza una rete di satelliti artificiale in orbita per fornire un sistema di posizionamento geo-spaziale a copertura globale. Il sistema GPS è implementato dall'utilizzo dell'IMU (piattaforma inerziale) che, attraverso sensori inerziali come accelerometri e giroscopi, permette un monitoraggio della dinamica del mezzo in movimento limitando gli errori intrinseci del GPS come il ritardo ionosferico, il multipath, l'errore di orologio del ricevitore ed il ritardo troposferico.

Si considera poi il *sistema client* che si occupa di analizzare ed estrarre le informazioni rilevanti necessarie per le future azioni da applicare al veicolo.

L'estrazione delle informazioni utili avviene attraverso la percezione, la pianificazione e il controllo con l'uso di algoritmi diversi tra loro racchiusi in un sistema operativo estremamente avanzato. Inizialmente gli algoritmi servono per aggregare i dati grezzi provenienti dalle osservazioni. Una volta aggregati, i dati provenienti da diversi sensori vengono fusi tra loro e, infine, viene presa la decisione finale che viene trasmessa al sistema di azione.

Si analizzano ora nello specifico i termini di percezione, pianificazione e controllo (Pendleton et al., 2017).

Percezione

Rappresenta la capacità di collezionare i dati catturati attraverso l'uso del sistema di rilevamento, quindi radar a corto/lungo raggio, Lidar, sensori, telecamere ed estrarre le informazioni relative all'ambiente esterno (in particolare si estrae la superficie stradale e si rilevano oggetti quindi i possibili ostacoli sulla strada).

La localizzazione, che rientra in questa categoria, si riferisce alla capacità del veicolo di determinare la sua stessa posizione rispetto l'ambiente circostante. Essendo impossibile la determinazione dell'esatta posizione, si calcola una stima dell'assetto del veicolo attraverso l'utilizzo dei sistemi di navigazione satellitare GPS e GLONASS a cui sono accoppiati i sistemi di navigazione inerziale (accelerometri e giroscopi) per una stima di maggiore precisione.

Pianificazione

Si riferisce all'abilità di prendere decisioni per il raggiungimento di determinati obiettivi, in particolar modo quello di portare un veicolo dalla posizione di partenza a quella di arrivo evitando gli ostacoli ed ottimizzando il percorso.

Esistono diversi pianificatori in base all'attività da svolgere: il pianificatore di missione (o di percorso) definisce quali strade dovrebbero essere prese per il raggiungimento degli obiettivi di alto livello, il pianificatore comportamentale (o decisore) prende decisioni per interagire con altri agenti generando obiettivi locali come il cambio corsia o il sorpasso ed infine il pianificatore di movimento (o pianificazione locale) che genera anch'esso percorsi o azioni per evitare la collisione con ostacoli.

Controllo

Rappresenta il processo di trasformazione delle intenzioni in azioni, in cui è coinvolta la dinamica del veicolo. Permette quindi l'esecuzione delle intenzioni pianificate fornendo gli input necessari al livello hardware che genereranno i movimenti desiderati.

Il *sistema azione* rappresenta le parti meccaniche del veicolo capaci di eseguire le decisioni date dal sistema client. Bisogna considerare come la decisione presa dalla macchina, nonostante sia basata sull'ottenimento della sicurezza, sia comunque meno flessibile di un ragionamento umano. Per esempio, nel caso di un incidente tra un veicolo e un passante sulle strisce pedonali, sorge il problema riguardo chi avrà la priorità ad essere salvato.

L'ultimo elemento è infine composto dall'*interfaccia uomo-macchina (HMI)*. Essa rappresenta un dispositivo o un software mediante il quale il conducente ed il veicolo sono in comunicazione tra loro attraverso un'interfaccia utente grafica "on demand" composta da messaggi visivi, messaggi sonori ed azioni di controllo come l'ACC, la Lane Keep Assistance o la posizione e la velocità delle auto che precedono. Ciò consente di informare il guidatore sull'ambiente circostante e sulle condizioni di bordo.

Jack Fowler, di Tu Automotive, ha dichiarato che "Le HMI sono il collegamento vitale tra gli ADAS e la componente più importante di qualsiasi auto: il suo guidatore. Si possono creare i sistemi ADAS più mirabolanti ma se al conducente non piace usarli o essi peggiorano la sua esperienza di guida allora essi non saranno un miglioramento effettivo" (Angi, 2016).

È quindi fondamentale creare delle interfacce che diano le giuste informazioni e che rispondano ai tre seguenti macro-gruppi di domande elencate da Debernard et al., (2016):

- 1) Cosa dovrebbe percepire il guidatore? Cosa dovrebbe capire? Quale proiezione dell'ambiente esterno e del sistema dovrebbe eseguire?
- 2) Quali informazioni dovrebbero essere visualizzate sui display? Come e quando dovrebbero essere visualizzate? Con quale priorità?
- 3) Qual è il valore aggiunto dato dalla realtà aumentata al ruolo del conducente? Ovvero, le manovre del conducente possono essere influenzate dalla realtà aumentata?

Il ruolo dell'HMI appare molto importante in quanto esperimenti preliminari in letteratura su scenari di guida parzialmente autonomi hanno mostrato come le emozioni negative, le paure e le perplessità riguardo i veicoli a guida autonoma siano state ridotte adottando progetti di interazione uomo-macchina.

Per questo motivo, l'esperienza utente è di grande importanza in qualsiasi fase del processo di sviluppo. Stabilendo una sorta di collaborazione tra conducenti/passeggeri e veicoli, l'HMI può diventare uno strumento di grande rilevanza nell'accettazione della nuova tecnologia (Morra et al., 2019).

2.2.3. Gli ITS e i sistemi di comunicazione V2X

Con il termine ITS (Intelligent Transport System) o "Sistemi di Trasporto Intelligenti", si intende l'integrazione delle conoscenze nel campo delle telecomunicazioni, elettronica, informatica con l'ingegneria dei trasporti, per la pianificazione, progettazione, esercizio, manutenzione e gestione dei sistemi di trasporto.

Per il perseguimento di tali obiettivi sono richieste procedure, sistemi e dispositivi per la raccolta, la comunicazione, l'analisi e la distribuzione delle informazioni tra soggetti in movimento e le infrastrutture di trasporto.

Gli ITS sono sistemi usati per:

- La gestione del traffico e della mobilità;
- L'informazione all'utenza;
- La gestione del trasporto pubblico;
- La gestione delle flotte e del trasporto merci;
- Il pagamento automatico;
- Il controllo avanzato del veicolo per la sicurezza del trasporto;
- La gestione di emergenze ed incidenti.

La definizione di un sistema ITS si basa innanzitutto sulla definizione dei *sistemi di localizzazione automatica* ovvero sulla determinazione della posizione e dello spostamento di un veicolo rispetto ad un punto di posizione nota. Questo si concretizza con l'utilizzo dei sistemi di navigazione inerziali come accelerometri e giroscopi montati a bordo del veicolo, rilevatori di posizione su corto raggio come telecamere e sistemi basati sulla triangolazione o trilaterazione (a terra o via satellite).

Successivamente si passa alla *raccolta dei dati* provenienti dal traffico con tecniche più avanzate, ed oggi più attuali, come i sensori a microonde, infrarossi ed ultrasuoni o il video rilevamento. I metodi più classici ancora usati in quanto economici, sono le spire induttive e i magnetometri.

I moderni servizi permettono di gestire in modo connesso ed efficiente le informazioni sulla strada offrendo servizi e sicurezza al conducente. È in questo ambito che si sviluppano le reti veicolari (VN) basate sulla comunicazione WLAN (Wireless Local Area Network) o 4G-5G che supportano la guida cooperativa tra veicoli.

Le tecnologie V2X, formate dal V2V (Vehicle to Vehicle), V2I (Vehicle to Infrastructure) e dal V2P (Vehicle to Pedestrian), sono combinate con la guida autonoma o autonomizzata per incrementare la precisione e quindi il livello di sicurezza, nonché per ridurre le emissioni atmosferiche dovute al traffico veicolare (Figura 14).

In linea generale i CAV sono formati da sensori che, come detto in precedenza, permettono l'interazione con l'infrastruttura, gli altri veicoli e l'ambiente esterno. Tra questi troviamo i radar, le videocamere e il Lidar.

I dati prodotti sono poi fusi tra loro ed elaborati a bordo in tempo reale attraverso algoritmi che devono risultare efficaci ed affidabili, in linea con la cybersecurity.



Figura 14: Interazione V2V e V2I

Il sistema V2V, che permette l'interazione veicolo-veicolo, include videocamere che fungono da sensori capaci di fornire dati RGB in modo tale da prevedere la posizione degli ostacoli e le loro distanze. Come mostrato in Figura 15, la camera è nella parte posteriore del veicolo e tramite l'equazione (1) si calcola la distanza. Tuttavia, il sistema V2V ha bisogno di un sistema V2I per conoscere le informazioni riferite ad un insieme di ostacoli presenti nell'ambiente circostante.

$$d = h \cdot \tan(\vartheta) \quad (1)$$

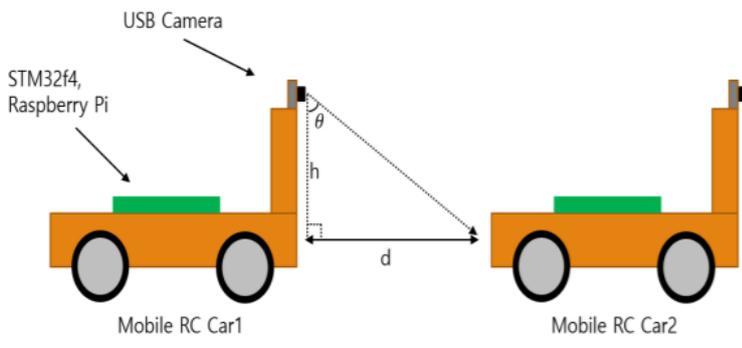


Figura 15: Funzionamento del V2V

Nei sistemi V2I dopo che la posizione del veicolo viene calcolata tramite l'utilizzo del sistema GPS, attraverso protocolli di comunicazione come il TCP/IP, il server centrale fornisce informazioni sul proprio percorso di

guida e su quello degli altri veicoli, indicando anche la presenza di incidenti o tratti congestionati (Kim et al., 2020).

Tra le nuove tecnologie degli ultimi anni compare il Vehicle-to-Grid (V2G) nell'ambito della mobilità elettrica che rappresenta una nuova soluzione in linea con la sostenibilità basata su una modalità migliore di usufruire dell'energia.

Infatti, la tecnologia V2G permette ai veicoli elettrici di scambiare l'elettricità immagazzinata nelle batterie con la rete associata aiutando i gestori della stessa ad ottimizzare la ripartizione dei carichi. Il vantaggio del nuovo approccio bidirezionale è, oltre l'utilità dei gestori e la conseguente remunerazione degli utenti, l'abbattimento dei costi di esercizio delle vetture elettriche (Torchiani, 2011).

Ad oggi sono molte le aziende alla ricerca di nuovi sviluppi sulle presenti tematiche. Si cita Next Future Transportation, start up italiana interessata in prima linea alla sperimentazione di un nuovo sistema di trasporto pubblico così come la compagnia francese Navya che è decisa a testare i propri "Autonom Shuttle Bus" in Italia (Mobility in progress, 2021).

2.2.4 L'auto nei prossimi decenni

Il trasporto su strada è il responsabile del 70% delle emissioni di sostanze nocive rispetto tutti i modi di trasporto e quindi risulta di fondamentale importanza capire anche come si svilupperà l'auto nei prossimi anni in modo da avere un'ampia panoramica sugli accadimenti futuri.

Come dichiarato dal Centro Comune di Ricerca della Commissione Europea nel 2019, in linea con la crescente urbanizzazione che prevede un aumento del 68% nel 2050, tra il 1995 e il 2015 il numero totale di passeggeri per kilometro su strada è aumentato del 23,8 %. È stato stimato, inoltre, come questa crescita sia destinata ad aumentare ancora del 16% nel periodo 2010-2030 e del 30% tra il 2010 ed il 2050. Anche il trasporto di merci è destinato ad aumentare intorno il 33% nel 2030 e del 55% nel 2050 (Figura 16 e Figura 17).

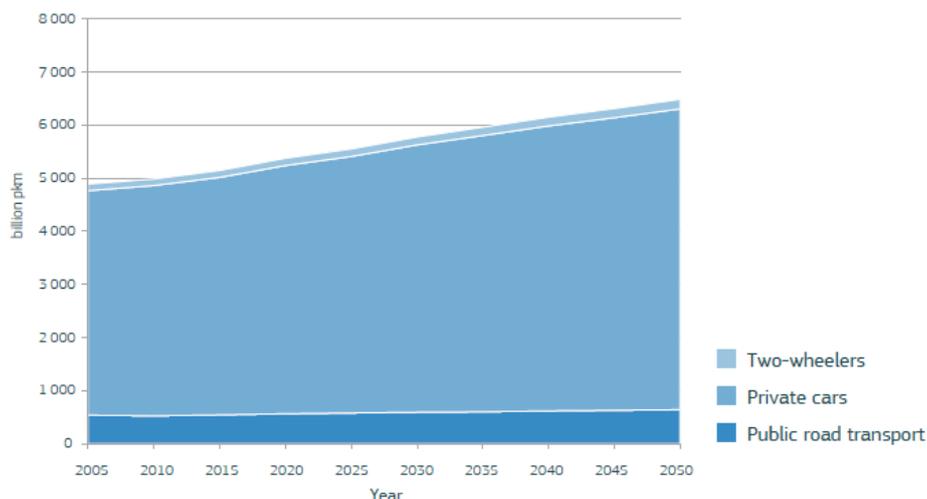


Figura 16: L'evoluzione del trasporto passeggeri dal 2005 fino al 2050

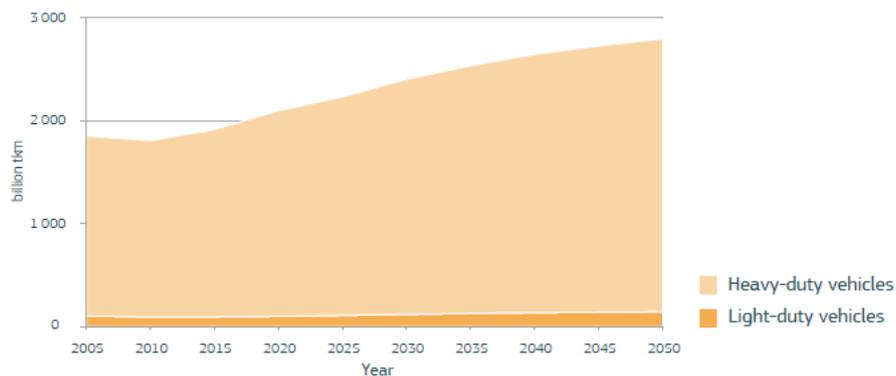


Figura 17: L'evoluzione del trasporto merci dal 2005 al 2050

Inoltre, aumenteranno gli spostamenti di pendolarismo per ragioni lavorative dato che il vivere in città diventerà sempre più costoso.

I nuovi sistemi di trasporto dovranno anche essere più accessibili per anziani e persone con disabilità in quanto, per esempio, si prevede che il numero di persone con età superiore ai 60 anni duplicherà entro il 2050 rispetto al 2017 mentre triplicherà per quanto riguarda un'età superiore agli 80 anni.

L'auto sarà sempre di più elettrica, connessa ed autonoma. Comunque, rispetto l'idea di qualche anno fa e presente anche nel report della Commissione Europea che puntava su un'auto il più possibile condivisa, la pandemia da Coronavirus ha cambiato radicalmente quest'ultima idea concentrandosi invece sull'auto privata.

L'auto elettrica, come mostrato in Figura 18, è un'automobile che usa l'energia chimica all'interno di batterie al litio ricaricabili attraverso apposite colonne di ricarica, come fonte primaria di energia senza l'utilizzo quindi di combustibili fossili. Questa nuova concezione di auto sta entrando nel panorama automobilistico attraverso un primo step composto dalle auto ibride dove il motore a combustione è supportato da uno elettrico. Questo permette di trasformare l'energia del carburante in energia cinetica capace di caricare le batterie del motore elettrico (Fiat, 2021).

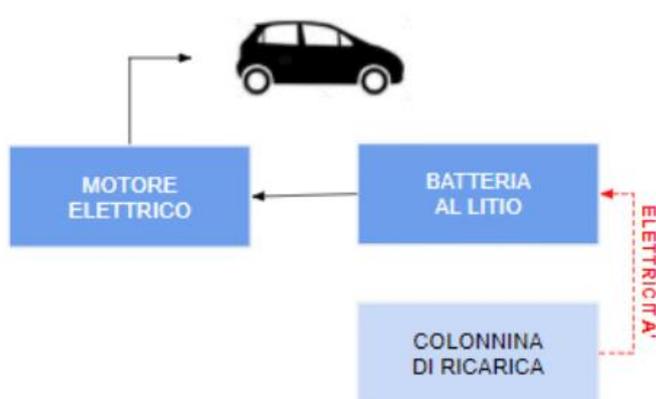


Figura 18: L'auto elettrica

Non essendoci combustione, la vettura elettrica non emette inquinanti nell'ambiente migliorando la qualità dell'aria. Dunque, anche se sembra un enorme vantaggio per la società odierna essendo un elemento a favore di una mobilità urbana più sostenibile, questo rappresenta più che altro una soluzione "locale" ma non "globale" del problema.

Infatti, questa soluzione non implica un'eliminazione totale dell'inquinamento per due ragioni: innanzitutto, va considerato che l'energia usata per caricare le batterie viene prodotta nelle centrali elettriche che a loro volta producono gas serra. Questo primo problema può infatti risolversi solo usando elettricità proveniente da fonti rinnovabili (eolico, solare...).

Una seconda difficoltà è rappresentata dallo smaltimento delle batterie in quanto soprattutto quelle di ultima generazione conterranno inquinanti come cobalto, nickel e manganese. Inoltre, quelle più comuni al litio sono facilmente infiammabili e ciò potrebbe arrecare danni in caso di incidenti (Ecoage, 2021; Energit, 2021).

Per questo motivo si sta puntando all'uso di *auto ad idrogeno* dove l'idrogeno, attraverso un processo di idrolisi inversa, si combina con l'ossigeno dell'aria esterna formando acqua che viene espulsa sotto forma di vapore acqueo, calore ed energia elettrica che viene usata per alimentare i motori elettrici.

Questa modalità non è comunque esente da problematiche che riguardano il trasporto dell'idrogeno che richiederebbe grandi gasdotti nonché la liquefazione dell'idrogeno stesso causando grandi consumi di energia (Motorlabs, 2021).

Nonostante questi aspetti, si continuerà a puntare su questa tipologia di auto in quanto ci sono innumerevoli vantaggi, tra cui un risparmio generale (l'energia elettrica costa meno dei carburanti classici), la silenziosità del motore elettrico, il libero accesso anche nelle zone a traffico limitato (ZTL), il bollo auto (che non si paga per 5 anni ed è poi ridotto fino al 75 %) e l'ecobonus ovvero una serie di incentivi sull'acquisto.

Sono quindi molte le case automobilistiche che lavorano per la creazione di auto elettriche, tra cui Audi, BMW, Citroen, Tesla e Volkswagen.

Si cita, per esempio, l'Audi e-tron che è il primo SUV completamente elettrico sul mercato che contiene due motori elettrici posizionati uno su ogni asse e può raggiungere potenze fino a 150 KW o la BMW i4 M50, auto sportiva elettrica con autonomia fino a 510 chilometri.

Sono tante le novità anche riguardo le macchinette elettriche guidate senza patente come nel caso della Citroen Ami che possiede un'autonomia di 70 Km e velocità massima di 45 Km/h (Newsauto, 2021).

Oltre all'automazione e all'elettrificazione, l'auto cambierà anche nel suo design interno come è visibile in diversi prototipi di *concept car* rappresentati in Figura 19 , offrendo ai passeggeri un ambiente più conforme alle nuove attività che potranno svolgersi in un veicolo autonomo come lavorare, dormire o intrattenersi con l'introduzione di salotti, uffici e persino camere da letto.

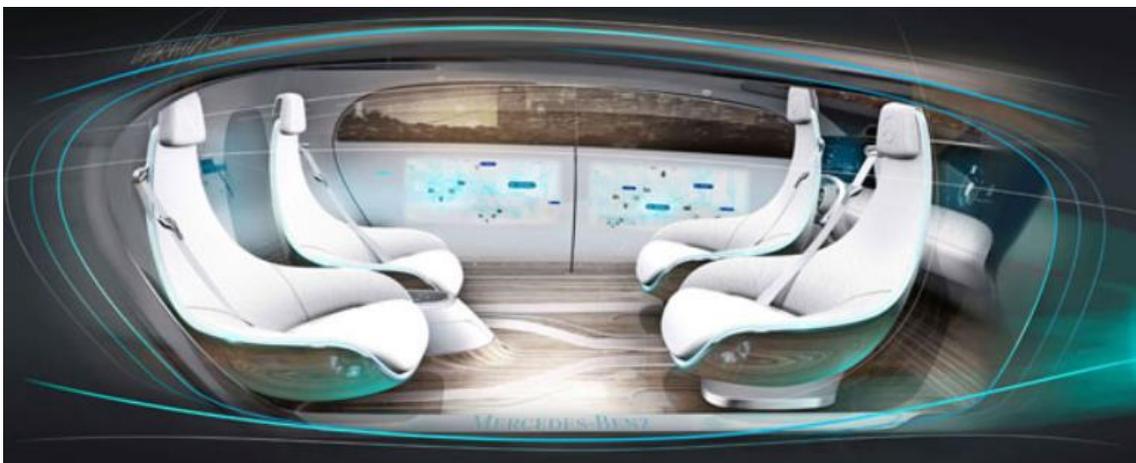


Figura 19: L'auto del futuro

Un esempio è il Concept 360c di Volvo che prevede quattro casi di utilizzo e relativi allestimenti: salotto, ufficio, ambiente dedicato all'intrattenimento e suite come camera da letto per i viaggi notturni nonché sedili con congegni biometrici per monitorare costantemente la salute dei passeggeri.

Infatti, come dichiarato dal responsabile design di Audi Christian Labonte che ha presentato la concept car Aicon e riportato nell'articolo di Consoli M. (2019) sul Corriere della Sera, l'obiettivo è quello di far provare al passeggero un'esperienza digitale attraverso display sul tettuccio usati per l'intrattenimento così come le videoconferenze.

Infine, volendo porre attenzione sul trasporto merci, la pandemia da Covid-19 ha sicuramente favorito la nascita di una nuova era basata su un incremento significativo nell'utilizzo delle app con i rider che attraverso biciclette o motorini hanno permesso la consegna di spesa, abbigliamento e medicine a domicilio. In questo clima di automazione, si parla di droni che, sostituendosi ai rider, occuperanno sempre di più i marciapiedi ed il cielo urbano.

2.3 Il ruolo della fiducia per le auto a guida autonoma

Dallo state dell'arte emerge come lo sviluppo dei veicoli automatizzati, nonostante sia stato migliorato grazie alle nuove tecnologie adottate, risulti ancora non affidabile nella sua totalità in quanto il guidatore deve comunque riprendere i comandi in condizioni meteorologiche avverse o in ambito urbano in cui il veicolo potrebbe comportarsi in maniera inaspettata.

Molte sfide, dunque, sono incentrate sull'analisi dei fattori umani alla base della fiducia percepita dagli utenti nei confronti della guida autonoma, i quali mostrano esitazione su alcuni temi come la sicurezza personale, la mancanza di privacy o la diminuzione dei posti di lavoro.

Sono molti, infatti, coloro che, a causa di molteplici notizie su incidenti effettuati con questi veicoli, credono che essi non possano assicurare la sicurezza. Si cita per esempio l'incidente che a Tempe, in Arizona, ha investito ed ucciso una ciclista nel 2019 o ancora più recentemente, l'inchiesta rivolta a Tesla sulle molteplici collisioni con veicoli d'emergenza che ha prodotto un alto numero di feriti ed almeno un morto (Forbes, 2021).

Inoltre, in caso di incidente, non è ancora chiaro a chi assegnare la responsabilità qualora si guidi un'auto totalmente autonoma.

Secondo l'ETSC (European Transport Safety Council), l'Unione Europea non è ad oggi in grado di stabilire una consistente normativa che possa garantire la sicurezza in presenza di tali veicoli. Anche la FEMA (Federazione Europea delle Associazioni Motociclistiche) sostiene come nella definizione dei veicoli a guida autonoma non si tenga conto di biciclette, moto, scooter presenti su strada che vanno ad interagire tra loro (Russo, 2021).

Un altro rischio presente nei VGA riguarda la possibilità di subire un attacco hacker che potrebbe comportare la modifica della velocità della vettura, la rotazione dello sterzo o l'accensione del sistema di informazione per capire il tragitto impostato dal navigatore. I rischi, quindi, riguardano sia il furto di informazioni che la compromissione della sicurezza fisica dei passeggeri e degli altri utenti presenti su strada (Forbes, 2021).

Sul piano etico si richiede di programmare tali veicoli secondo predefiniti valori morali ma sorge il dilemma di chi salvare prioritariamente in caso di incidente. Per questo, un gruppo di ricercatori del MIT Media Lab di Boston insieme ad altri esponenti del mondo della ricerca, hanno proposto un'analisi definendo tredici

scenari di incidenti in cui la morte di qualcuno era inevitabile, in modo da analizzare la reazione dell'opinione pubblica (Buonadonna, 2018).

Infine, un'altra questione etica di fondamentale importanza riguarda la perdita del lavoro da parte di camionisti, autisti di autobus e tassisti. Comunque, è probabile che anziché di disoccupazione si parlerà di reimpiego del personale con la formazione di nuove figure professionali che si occuperanno per esempio di tracciare le merci o verificare la buona riuscita della consegna.

Già nel 2018, infatti, Danilo Toninelli, l'allora Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti, ha dichiarato come "in particolare la guida autonoma creerà tanta ricchezza e posti di lavoro su un piano di sostenibilità".

L'accettazione dipenderà, comunque, in particolar modo dall'esperienza personale e si presume che nel 2030 la mobilità sarà caratterizzata da una tipologia di traffico misto a cui gli utenti dovranno adeguarsi gradualmente favorendo, negli anni, una maggiore fiducia nella nuova tecnologia.

2.3.1 Le variabili psicosociali che influenzano i trasporti

Per prevedere in modo più accurato i comportamenti dei consumatori in ambito trasportistico, dagli anni '70 e poi più ampiamente negli anni '90, si è sviluppato un gran numero di ricerche con il fine di comprendere la relazione tra le scelte di mobilità e le variabili psicosociali.

Si è capito, infatti, come i fattori psicologici siano di fondamentale importanza per la comprensione delle decisioni anche in ambito trasportistico e per questo essi sono stati integrati negli studi di mobilità con il fine di indagare l'accettazione di una nuova tecnologia, la scelta modale o ancora gli agenti determinanti del comportamento a favore dell'ambiente.

Queste variabili, presentate nello studio di Pronello e Gaborieau (2018), si dividono in otto classi descritte in seguito.

Attitudine ed intenzione

L'attitudine rappresenta la percezione dell'individuo verso un oggetto concreto o astratto e si misura attraverso alcuni indicatori come opinioni o giudizi.

Infatti, secondo Ajzen e Fishbein (1975), l'attitudine è "una predisposizione appresa a rispondere in modo costantemente favorevole o non favorevole rispetto ad un dato oggetto".

L'intenzione comportamentale è invece uno stato mentale che precede direttamente il comportamento che è stata introdotta per risolvere il divario esistente tra attitudine e comportamento in quanto, in linea generale, gli atteggiamenti non riescono a fornire una spiegazione sui futuri comportamenti adottati.

Conoscenza e credenze

È la consapevolezza dell'esistenza di qualcosa e delle informazioni relative ad uno specifico argomento che solitamente sono acquisite tramite l'esperienza dell'apprendimento. Gli esseri umani rielaborano le informazioni sul mondo esterno come credenze e desideri e li usano per raggiungere un certo oggetto.

La conoscenza si divide in quattro tipologie:

- Conoscenza dichiarativa: descrive il sistema organizzato e finalizzato formato da elementi interdipendenti che si influenzano a vicenda;

- Conoscenza procedurale: indica come agire;
- Conoscenza dell'efficacia: è relativa ai diversi comportamenti che mirano allo stesso risultato;
- Conoscenza sociale: è la rappresentazione delle credenze normative.

Essa va specificata in base al contesto affinché sia misurabile e, nonostante abbia una bassa correlazione con il comportamento, risulta molto legata all'intenzione comportamentale.

Valori

Rappresentano uno standard morale, sociale ed etico che è accettato dalla persona o dalla società come una regola su ciò che è buono, favorevole o imperativo. I valori creano una struttura cognitiva, la quale è interiorizzata per guidare le scelte evocando il senso dei principi fondamentali di ciò che è buono, giusto o sbagliato attraverso i valori morali ed il senso di priorità.

Rappresentano quindi un orientamento individuale riguardo la giustizia, la bontà e l'etica. Sono i precursori dell'attitudine che quindi possono essere in contrapposizione con il comportamento effettivamente osservabile.

Visione del mondo

Come i valori, la visione del mondo non si riferisce direttamente ad un oggetto o ad un comportamento ma indica una rappresentazione mentale delle cause e degli effetti ad un livello più alto dell'astrazione che precede la formazione di presupposti filosofici di base, delle credenze, dei valori e della conoscenza alla base della cultura espresse attraverso le diverse manifestazioni strutturali e istituzionali.

È una serie di presupposti sulla realtà fisica e sociale che può avere un'influenza molto importante sulla cognizione e sul comportamento.

È intesa come un quadro di riferimento all'interno del quale ogni persona in base alle proprie percezioni, interpreta il mondo. È quindi un sottoprodotto del modo con il quale ogni persona è capace di percepire, pensare, sentire e sperimentare il mondo senza il quale le esperienze di vita sarebbero caotiche.

Norme

Le norme sono regole non scritte ma conosciute dalla società o dalla cultura per i comportamenti che sono considerati accettabili o attesi.

Le persone utilizzano le norme sociali come un riferimento per valutare e guidare i propri pensieri, emozioni e comportamenti. Sono rappresentazioni cognitive di ciò che gli altri, che sono rilevanti e spesso chiamato gruppo di riferimento, penserebbero in una data situazione e che le persone trovano utile per orientarsi nella vita con una maggiore sicurezza di sapere come reagiranno le altre persone di fronte a situazioni simili.

Le norme personali, invece, si riferiscono al processo di interiorizzazione delle norme sociali. Esse si attivano quando l'individuo è consapevole delle conseguenze delle proprie azioni.

Le norme influenzano le attitudini.

Tratti personali

Definiscono una serie di caratteristiche intrinseche (personalità) ed uno stile di vita che dà forma alle decisioni in accordo con un processo di auto identificazione dando forma agli atteggiamenti.

Emozioni e storie personali

Le emozioni esprimono la dimensione affettiva dell'oggetto (per esempio l'automobile) legata ad una scelta (per esempio, la scelta modale).

Contribuiscono a definire l'attitudine attraverso la creazione di un proprio sfondo personale.

Abitudini e comportamenti passati

Le abitudini, anche se non rappresentano propriamente una variabile psicosociale, esprimono una variabile attivante.

Sono le disposizioni apprese che sono attivate automaticamente dagli spunti di contesto attraverso comportamenti passati ripetuti più volte. Esse hanno una forte influenza diretta sul comportamento.

Solo alcune di queste variabili, comunque, sono state usate prevalentemente nella costruzione dei modelli teorici in ambito trasportistico.

In particolare, la visione del mondo, le emozioni anticipate (ovvero i pensieri sui sentimenti futuri dopo il raggiungimento di un obiettivo) e l'intenzione comportamentale rappresentano le variabili più usate nel settore dei trasporti per capire la scelta modale e l'accettazione di una nuova tecnologia al contrario delle norme sociali e personali che risultano poco rilevanti.

Le abitudini, infine, sono anch'esse considerate importanti in quanto permettono di spiegare i comportamenti attuali adottati dagli utenti ed il loro livello di soddisfazione in merito.

2.3.2 I modelli teorici applicati all'ambito dei trasporti

Tra i primi modelli sviluppati per l'analisi dei trasporti si cita il *modello di scelta discreta* che fu ideato nel 1970 da Daniel McFadden e applicato in primo luogo allo studio della scelta modale nell'ambito dei trasporti.

Si basa sul modello economico della teoria del consumatore secondo il quale gli utenti scelgono esclusivamente con la finalità di massimizzare la loro utilità.

L'utilità per ogni alternativa j e per ogni individuo n è espressa tramite una regressione in cui sono presenti le stesse variabili X_n (costo, tempo di viaggio e variabili socioeconomiche) ma con coefficienti β_j diversi in relazione alle differenti alternative.

L'intercetta è chiamata "costante specifica dell'alternativa" (Alternative Specific Costant) in quanto contiene tutte quelle variabili che, seppur non espressamente osservate, influenzano l'utilità. L'equazione (2) mostra la definizione di utilità sistematica:

$$V_{nj} = \beta_j X_n + ASC \quad (2)$$

La teoria del consumatore inoltre consiste in quattro assunzioni di seguito riportate:

1. Perfetta razionalità del decisore, ovvero della persona o agente che effettua la scelta;
2. Perfetta conoscenza delle alternative;
3. L'utilità può essere espressa analiticamente;

4. L'insieme di alternative è predeterminato ed è lo stesso per tutti i decisori.

Si distingue tra utilità reale (U_j) ed utilità sistematica (V_j) ovvero quella realmente osservabile che sono legate tra loro attraverso l'equazione (3) :

$$U_{nj} = V_{nj} + \varepsilon_{nj} \quad (3)$$

Nella formulazione precedente ε_j rappresenta l'errore aleatorio che si assume essere indipendente e identicamente distribuito con una funzione di estremo di primo tipo (distribuzione di Gumbell-Weibull).

In sintesi, la probabilità che il decisore n scelga l'alternativa j è la probabilità che l'utilità associata a questa alternativa sia maggiore di qualsiasi altra utilità, quindi dalle equazioni (4), (5) e (6) emerge come la differenza dell'errore aleatorio debba risultare minore della differenza tra le utilità sistematiche.

$$P_{nj} = \Pr (U_{nj} > U_{ni} \forall i \neq j) \quad (4)$$

$$P_{nj} = \Pr (V_{nj} + \varepsilon_{nj} > V_{ni} + \varepsilon_{ni} \forall i \neq j) \quad (5)$$

$$P_{nj} = \Pr (\varepsilon_{ni} - \varepsilon_{nj} < V_{nj} - V_{ni} \forall i \neq j) \quad (6)$$

I modelli a scelta discreta si dividono in varie tipologie, tra cui il Logit binario, Logit gerarchico, Probit binario, Logit multinomiale (MNL), Probit multinomiale (MNP) e Logit misto (ML).

In generale, nel modello Logit la probabilità di un individuo di compiere una scelta è data dall'equazione (7) di seguito riportata:

$$P_{nj} = \frac{e^{V_{nj}}}{\sum_{i=1}^I e^{V_{ni}}} \quad (7)$$

Il modello Probit, invece, si basa su una distribuzione normale per la quale la probabilità è calcolata in modo iterativo tramite una serie di integrali.

Infine, si cita il Logit misto la cui differenza sostanziale è che i parametri β_j non sono costanti ma anch'esse rappresentano variabili randomiche.

Successivamente, con l'avvento del "comportamentismo" a partire dai primi anni del Novecento, basato sull'assunto che il comportamento si possa studiare in modo scientifico, dagli anni '70 con particolare sviluppo nei successivi venti anni, sono state sviluppate teorie comportamentali per comprendere il processo decisionale e le scelte degli individui in relazione alle variabili psicosociali.

Studiando il comportamento di viaggio da un punto di vista psicologico e sociologico è nata la *Teoria dell'Azione Ragionata* (Theory of Reasoned Action, TRA).

La Teoria dell'Azione Ragionata (Ajzen e Fishbein, 1980) fornisce una struttura di base che mira a spiegare e comprendere come si vengono a concretizzare i comportamenti degli individui. Il modello è molto generale e non fa riferimento a comportamenti specifici rendendolo così applicabile a diversi contesti.

Si basa su tre fattori predittivi:

- L'intenzione al comportamento, che è determinata dall'atteggiamento e dalle norme soggettive, e rappresenta la probabilità soggettiva che il comportamento sia adottato;
- L'atteggiamento personale verso il comportamento;
- La norma soggettiva ovvero l'influenza delle opinioni delle persone.

La TRA (Figura 20) presuppone che il comportamento effettivo delle persone dipenda direttamente dall'intenzione che a sua volta è funzione dell'atteggiamento e delle norme soggettive.

L'*atteggiamento personale* può essere inteso come una valutazione (positiva o negativa) di un bene o un servizio che un soggetto attribuisce ad un particolare comportamento e nasce dall'interazione tra le *credenze di comportamento*, ossia la possibilità che un comportamento possa generare determinati risultati e produrre specifici esiti e la *valutazione delle conseguenze* del comportamento che ogni soggetto attribuisce allo specifico esito. Dal punto di vista analitico può essere rappresentata come indicato nell'equazione (8):

$$A_B = \sum C_i V_i \quad (8)$$

dove:

A_B esprime l'atteggiamento verso il comportamento B;

C_i è la credenza che il comportamento B possa condurre l'esito i;

V_i è la valutazione dell'esito i.

La *norma soggettiva* rappresenta invece il livello di influenza che le opinioni delle persone hanno sui comportamenti dell'individuo. Essa dipende dalle *credenze normative*, ossia l'approvazione del proprio comportamento da parte delle persone significative per il soggetto, e dalla *motivazione a conformarsi* dell'individuo nell'adattare i propri comportamento alle aspettative degli altri.

A sua volta essa è formulata come riportato nell'equazione (9):

$$NS_B = \sum Cn_k Mc_k \quad (9)$$

dove:

NS_B è la norma soggettiva verso il comportamento B;

Cn_k è la convinzione che l'individuo k desideri che il comportamento B venga attuato;

Mc_k rappresenta la motivazione a compiacere le aspettative dell'individuo k.

La teoria presuppone che il comportamento dipenda esclusivamente dalla volontà delle persone di attuare un certo comportamento ma questo non rispecchia la realtà. Per questo, successivamente Ajzen nel 1985 modifica il modello sopra citato aggiungendo un nuovo elemento chiamato "*controllo comportamentale percepito*" tra i fattori che possono influenzare le intenzioni di comportamento.

La *Teoria del Comportamento Pianificato* (Theory of Planned Behaviour, TPB) considera anche i fattori non motivazionali ovvero non dipendenti dalla volontà dell'individuo che, come specifica lo stesso Ajzen, sono il vero grado di controllo sul comportamento (Ajzen, 1991).

Questa nuova variabile (PBC_B) dipende dalle *difficoltà* (D_f) che un soggetto pensa di poter incontrare nella tenuta di uno specifico comportamento in termini di risorse e competenze necessarie, e dalla *percezione* (P) che il soggetto ha di poter superare con successo le precedenti difficoltà. Esse formano le *credenze di controllo*.

La nuova variabile è descritta come segue nell'equazione (10) ed è rappresentata in Figura 20:

$$PBC_B = \sum D_f P$$

(10)

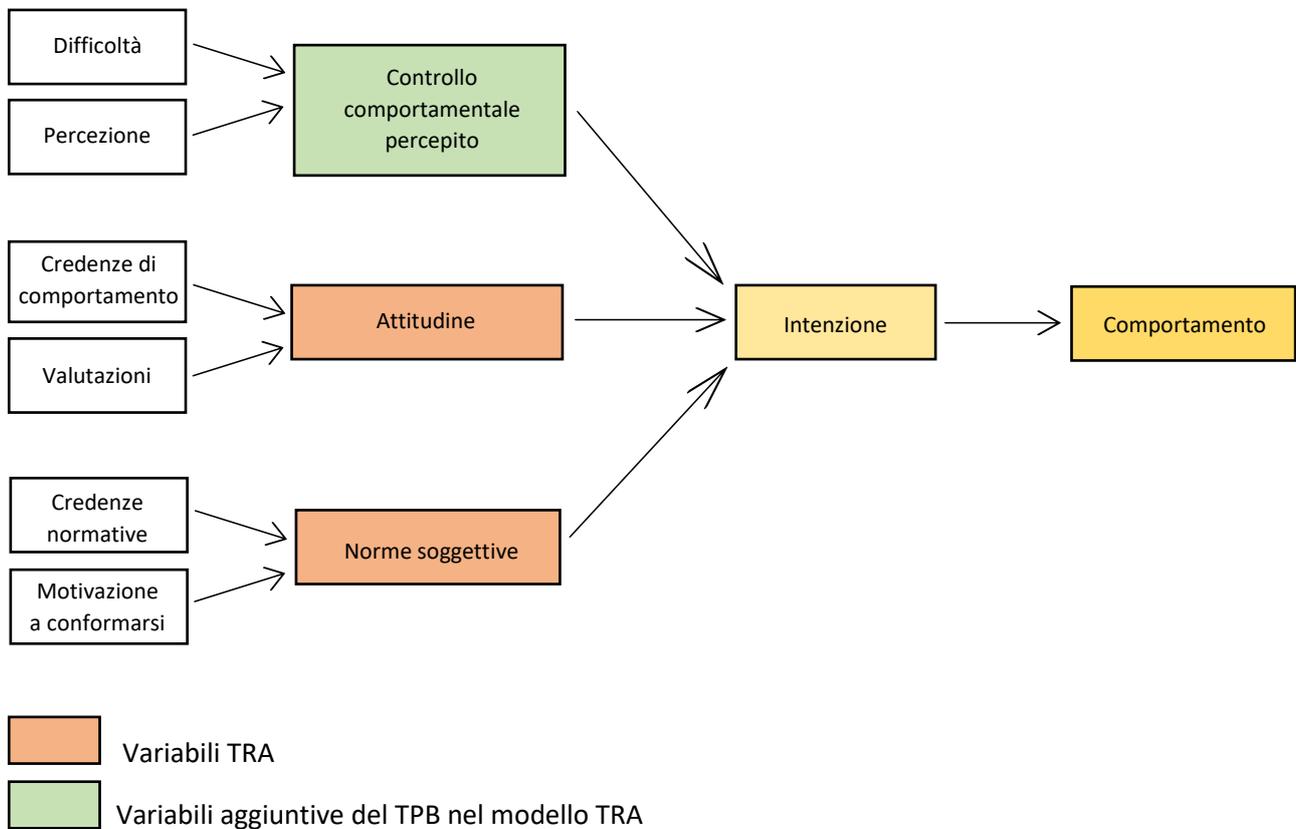


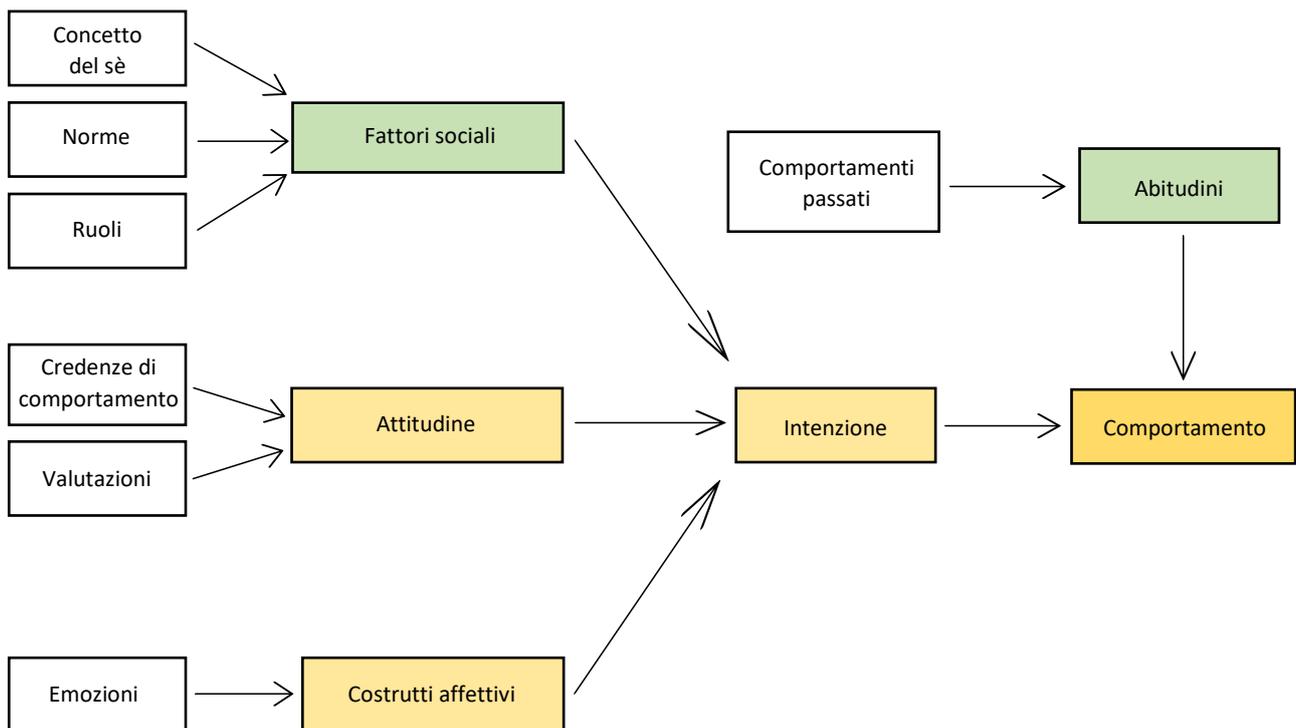
Figura 20: Teoria dell'Azionata Ragionata – Teoria del Comportamento pianificato

Esistono altre tipologie di teorie precedenti a quelle appena descritte ma comunque di rilevante importanza.

Nel 1977 è stato infatti definito un modello chiamato *Teoria del Comportamento Interpersonale* (Theory of Interpersonal Behaviour, TIB) esposto da Harry Trandis e riportato in Figura 21.

Tale teoria evidenzia come l'intenzione non sia guidata solo dalla cognizione personale (ovvero norme soggettive ed atteggiamento) ma anche dalle *emozioni* (costrutti affettivi) che rappresentano degli input quasi inconsci nel processo decisionale, e dai *fattori sociali* che includono le *norme* ovvero le regole sociali su ciò che dovrebbe o non dovrebbe essere fatto, i *ruoli* che rappresentano "l'insieme di comportamenti che sono considerati appropriati per le persone che occupano particolari posizioni in un gruppo" (Trandis, 1977) e il *concetto del sé* che si concretizza nell'idea che ognuno ha di se stesso.

Inoltre, Trandis riconosce il ruolo chiave dell'*abitudine* e dei *comportamenti passati* nella spiegazione dei comportamenti umani.



Variabili introdotte nel modello TIB

Figura 21: Teoria del Comportamento Interpersonale

Nello stesso anno si sviluppa la *Teoria di Attivazione sulla Norma* (Norm Activation Theory, NAT) che postula due condizioni necessarie per il suo ottenimento.

L'attivazione delle norme si riferisce a un processo in cui le persone costruiscono le proprie aspettative riguardo al comportamento pro-sociale. Queste auto-aspettative comportamentali sono chiamate *norme personali* e sono vissute come sentimenti di obbligo morale o dovere di agire pro-sociale che hanno un'influenza diretta sul comportamento (Schwartz, 1977).

In primo luogo, le norme si attivano quando l'individuo comprende la possibilità di un esito negativo delle proprie azioni private (*consapevolezza del problema* e *consapevolezza delle conseguenze avverse*). In secondo luogo, l'individuo deve attribuire *responsabilità personale* al problema in questione. Queste condizioni sono necessarie, ma non sufficienti, per prendere decisioni morali (Figura 22).

Questo poiché l'attivazione delle norme personali può essere neutralizzata negando le conseguenze delle azioni dell'individuo sugli altri o negando la responsabilità di agire (Harland et al., 2007).

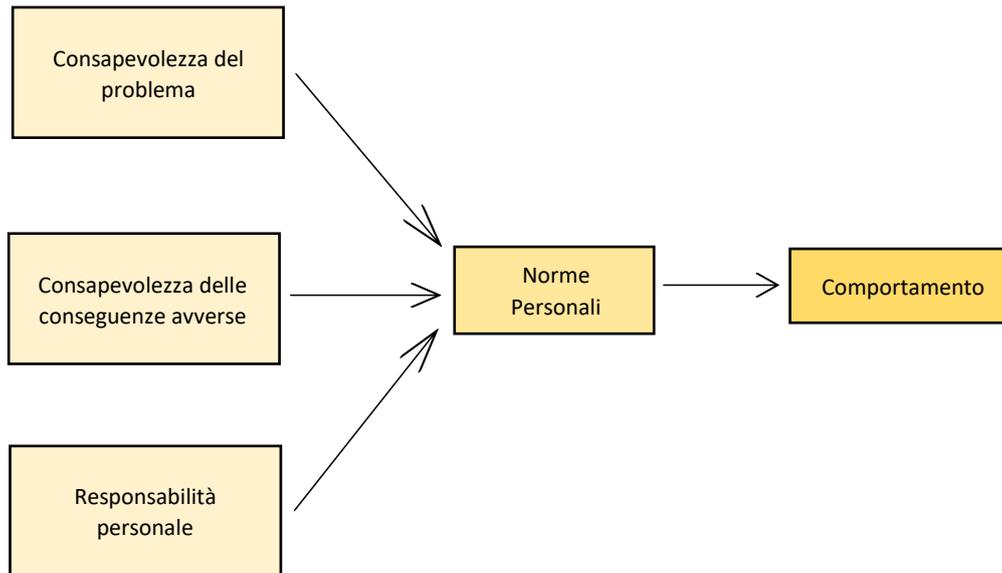


Figura 22: Teoria di Attivazione sulla Norma

Sulla base di queste teorie si sono sviluppati due modelli particolarmente usati per lo studio dell'accettazione di un particolare comportamento: il *Modello di Accettazione della Tecnologia* (Technology Acceptance Model, TAM) e la *Teoria Unificata dell'Accettazione e dell'Uso della tecnologia* (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology, UTAUT).

Il modello di accettazione della tecnologia è un adattamento della teoria dell'azione ragionata e mira a fornire una spiegazione generale delle determinanti alla base dell'accettazione delle tecnologie informatiche.

Esso postula che l'*utilità percepita* (Perceived Usefulness, PU) e la *facilità d'uso percepita* (Perceived Easy Of Use, PEOU), agendo come delle credenze dell'individuo, sono i due aspetti indipendenti tra loro che influenzano maggiormente il tasso di adozione di una tecnologia (Davis, 1989). In particolare, Davis ha trovato una maggiore correlazione della PU con l'uso del sistema rispetto che con la PEOU.

L'utilità percepita descrive il grado con il quale una persona crede che la loro prestazione lavorativa potrebbe aumentare usando quel sistema informatico, mentre la facilità d'uso percepita si riferisce alla misura con cui una persona deve fare uno sforzo mentale o fisico per usare la tecnologia.

Secondo tale teoria, l'uso di una tecnologia è determinato dall'intenzione comportamentale che a sua volta dipende congiuntamente dall'atteggiamento verso l'utilizzo del sistema e dall'utilità percepita (Figura 23).

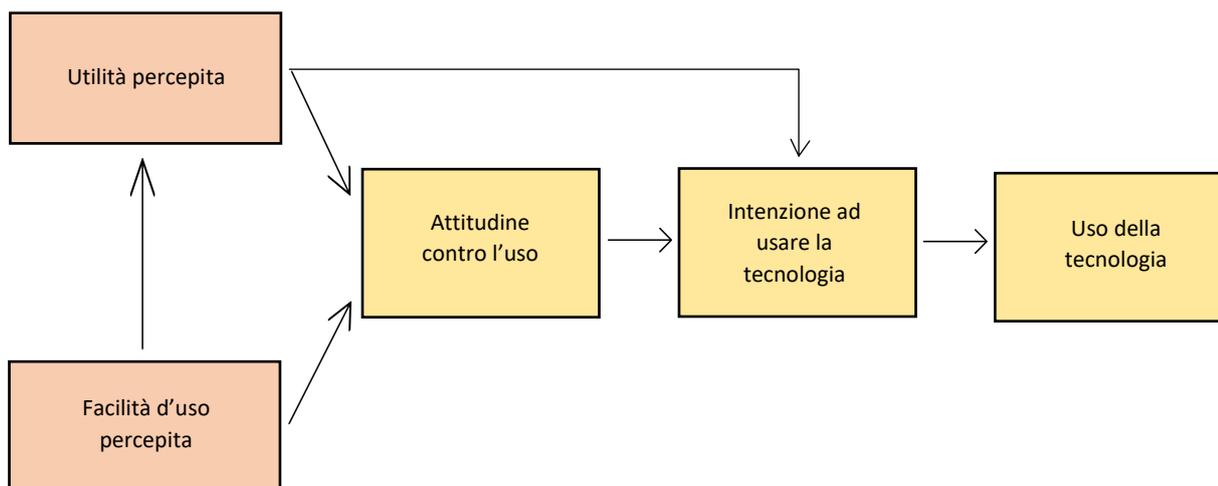


Figura 23: Modello di Accettazione della Tecnologia

A causa dei crescenti criticismi sul modello TAM dovuti alla mancanza di norme soggettive o di impatto sociale, esso è stato esteso con fattori addizionali come l'influenza sociale, l'età ed il genere che influenzano l'intenzione ad agire.

TAM2 (Venkatesh e Davis, 2000) è un'estensione dell'originale Technology Acceptance Model che include anche i fattori sociali esterni che influenzano l'intenzione comportamentale di usare una nuova tecnologia. Nel 2008, Venkatesh e Bala hanno esteso ulteriormente il modello con il TAM3 con l'inclusione degli effetti del piacere e del rischio percepito sull'uso del sistema.

L'UTAUT (Venkatesh et al., 2003) prova a spiegare il grado di accettazione dell'uso della tecnologia ed è nato per spiegare le intenzioni dell'utente nell'utilizzo di un sistema informatico ed il successivo comportamento di utilizzo.

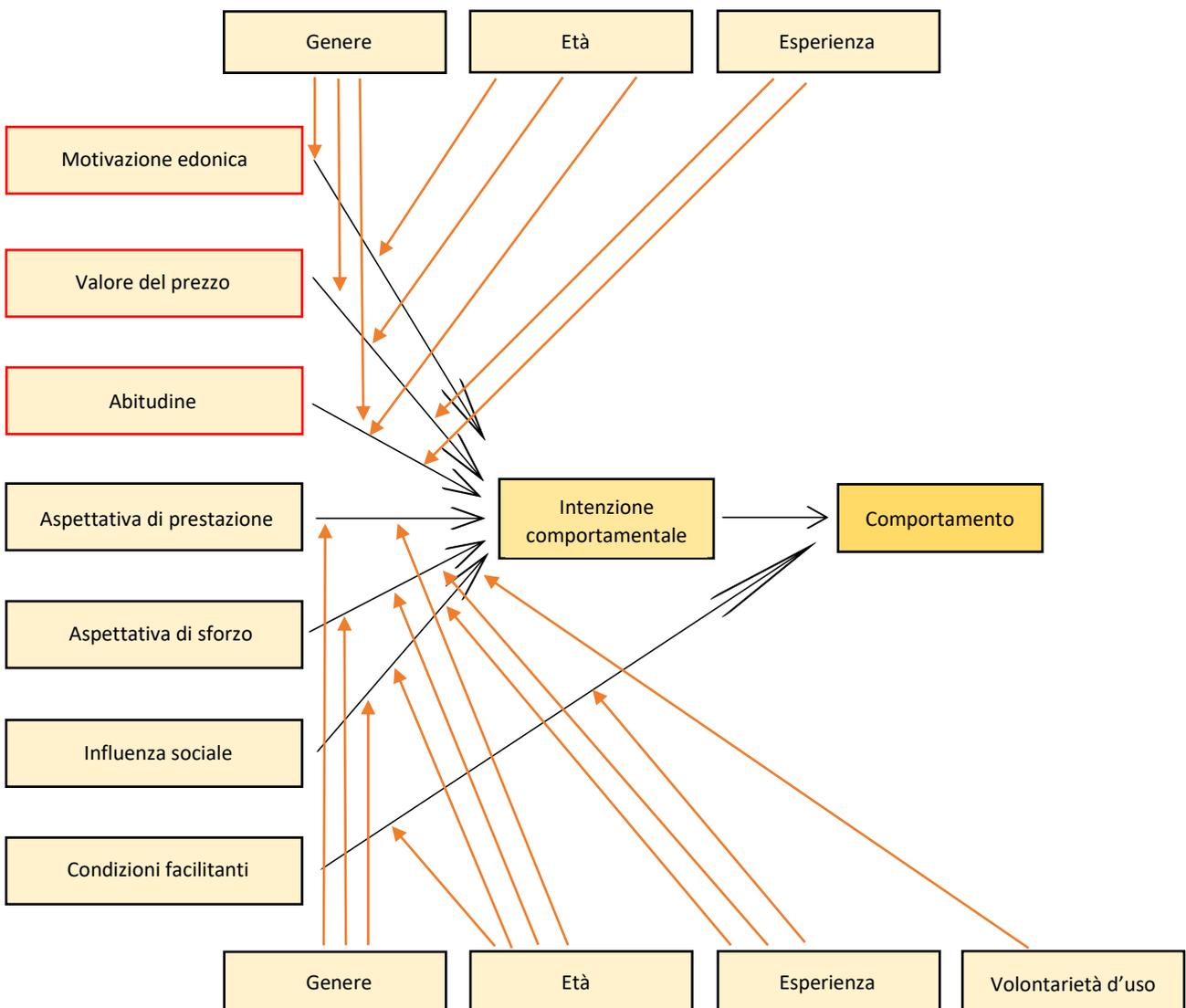
Come mostrato in Figura 24, si tiene su quattro costrutti chiave (descritti di seguito) e su quattro moderatori ovvero genere, età, esperienza e volontarietà d'uso che influenzano indirettamente le quattro variabili indipendenti:

- *Aspettativa di prestazione*: "il grado in cui un individuo crede che l'uso del sistema lo aiuterà ad ottenere guadagni nelle prestazioni lavorative" (Venkatesh et al., 2003). Si ipotizza che moderi l'influenza sull'intenzione comportamentale in base al sesso e all'età;
- *Aspettativa di sforzo*: "il grado di facilità associato all'uso del sistema" (Venkatesh et al., 2003). Si ipotizza che influenzi l'intenzione comportamentale in base al sesso, all'età e all'esperienza;
- *Influenza sociale*: "il grado in cui un individuo percepisce che altre persone credono che lui o lei dovrebbe usare il nuovo sistema" (Venkatesh et al., 2003). Modera sull'intenzione in base al sesso, all'età, all'esperienza ed alla volontarietà dell'uso;
- *Condizioni facilitanti*: "il grado in cui un individuo crede che esista un'infrastruttura organizzativa e tecnica per sostenere l'uso del sistema" (Venkatesh et al., 2003). Influenza direttamente il comportamento attraverso l'età e l'esperienza.

Questa teoria è stata sviluppata e rivista sulla base di otto modelli precedenti: teoria dell'azione ragionata, modello di accettazione della tecnologia, modello motivazionale, teoria cognitiva sociale, modello dell'uso

del personal computer, teoria della diffusione dell'innovazione, metodo del comportamento pianificato, modello dell'uso del computer e una teoria combinata di tecnologia pianificata/modello di accettazione del comportamento.

Al fine di generalizzare il modello rendendolo applicabile a diversi ambiti è stato sviluppato il modello UTAUT2 introducendo altri tre costrutti indipendenti: la *motivazione edonica* ovvero il piacere derivato dall'uso della tecnologia, il *valore del prezzo* che indica il trade-off cognitivo tra i benefici percepiti ed il costo monetario per l'utilizzo e l'*abitudine* cioè la misura in cui le persone tendono a eseguire comportamenti automaticamente a causa dell'apprendimento.



Variabili aggiuntive dell'UTAUT2

Figura 24: Modello UTAUT e UTAUT2

2.3.3 Le indagini sulla percezione dei veicoli autonomi

Il tema della mancanza della fiducia rappresenta l'elemento principale per promuovere l'accettazione dei nuovi veicoli connessi ed automatizzati in quanto non può esistere un futuro dei suddetti veicoli senza la fiducia da parte del consumatore. Negli anni sono state fatte delle prime indagini volte ad esaminare tale tematica.

Nel 2016, l'American Automobile Association (AAA) ha iniziato a condurre delle indagini annuali sull'atteggiamento dei consumatori nei confronti dei veicoli automatizzati. Da una ricerca commissionata da Intel ad AAA negli Stati Uniti nel 2017, è emerso che il 75 % degli americani ha paura di viaggiare su veicoli senza conducente ma si ritiene che si possano superare le difficoltà riscontrate nei consumatori creando una maggiore esperienza interattiva tra uomo ed auto.

Secondo Jack Weast, Senior Engineer e Chief Architect del gruppo di guida autonoma di Intel, "la differenza tra la teoria e la pratica si riduce al fatto che le persone sono davvero spaventate dalle auto robot. La buona notizia è che si tratta di un problema risolvibile".

L'esperienza si basa infatti su cinque interazioni di fiducia: richiedere un veicolo, iniziare un viaggio, apportare modifiche al viaggio, gestire errori ed emergenze e fermarsi ed uscire dal veicolo.

Nonostante sia stato evidenziato un incremento di fiducia per ogni singolo partecipante dopo aver completato il viaggio, la ricerca ha individuato alcune problematiche, tra cui la mancanza di un giudizio umano quando si presentano situazioni non facilmente gestibili come il sorpasso tra veicoli o l'attraversamento del pedone in zone non autorizzate.

È stata poi evidenziata l'esigenza di comunicare con il veicolo attraverso la voce per scambiare informazioni in caso di cambio di destinazione o deviazione (AssiNews, 2017).

Le preoccupazioni nei confronti dei VGA sono incrementate nell'anno successivo che ha visto protagonisti una serie di incidenti dei suddetti veicoli, per cui, anche nell'indagine di AAA nel 2019 emerge il timore degli utenti di utilizzare veicoli a guida completamente autonoma.

L'esperienza svolge, anche in questo caso, un ruolo chiave nell'influenzare il modo in cui i conducenti si sentono riguardo la tecnologia in questione e, inoltre, emerge che l'interazione con i componenti ADAS come l'assistenza al mantenimento della corsia, la frenata di emergenza automatica e il parcheggio automatico migliorano il livello di fiducia del conducente.

Si evidenzia inoltre come circa la metà degli utenti (53 %) siano maggiormente propensi ad usare forme di trasporto a bassa velocità e per brevi distanze, mentre il 44 % preferisce usare i veicoli completamente autonomi per la consegna di cibo o pacchi. Solo il 19 % si sente sicuro di usare i VGA per trasportare altre persone (AAA, 2019).

Più recente è un'indagine europea iniziata il primo giugno 2019 e finanziata nell'ambito del programma H2020 PAsCAL (Enhance driver behaviour and Public Acceptance of Connected and Autonomous vehicles) della Commissione Europea su un campione di 529 partecipanti di età compresa tra i 18 e i 71 anni per analizzare l'influenza che l'impiego dei veicoli automatizzati e connessi avrebbe sull'efficienza di guida, la sicurezza stradale, la privacy e la sostenibilità ecologica.

Il progetto consiste nell'analisi delle questioni sollevate dalla maggioranza del pubblico che ostacolano la diffusione sul mercato di tali veicoli, concentrandosi sui temi principali della sicurezza e della sostenibilità.

Per quanto riguarda la sicurezza, più del 49 % degli intervistati di tutte le nazioni ha dichiarato di aspettarsi un miglioramento con l'introduzione dei CAV. L'Italia ha registrato il livello più alto di aspettative positive, con il 64 % degli intervistati che si aspettano un miglioramento e solo il 19 % che prevede una minore sicurezza stradale.

Sul tema della sostenibilità ecologica, una percentuale compresa tra il 48 % e il 57 % dei partecipanti di tutti i paesi si aspetta che i CAV apportino un miglioramento. Infine, circa il 76 % si aspetta un peggioramento della protezione dei dati (TTS, 2021).

Dai risultati è quindi emersa una scarsa fiducia in merito alla protezione dei dati personali mentre sono presenti grandi aspettative dei partecipanti nei confronti della sicurezza stradale e della sostenibilità ambientale.

OBIETTIVI E METODOLOGIA

Il lavoro di tesi propone, in primo luogo, uno studio su larga scala (Paesi dell'UE ed Extraeuropei) per indagare le aspettative e le preoccupazioni relative alle questioni sollevate dalla maggioranza del pubblico riguardo l'introduzione dei veicoli connessi ed automatizzati.

L'analisi effettuata considera sia l'interazione diretta degli utenti nei confronti dei veicoli a guida autonoma, sia la valutazione del loro impatto sulla qualità della vita e sull'ambiente circostante.

Successivamente l'analisi si concentra sul territorio italiano per analizzare l'accettazione dei CAV e dare indicazioni alle autorità di trasporto ed ai governi locali sulle opportunità e sui rischi percepiti dai cittadini che utilizzeranno i CAV: il fine è di supportare e guidare le loro decisioni alla vigilia di un'introduzione più massiva della tecnologia *driverless*.

A tal fine, dunque, l'obiettivo è duplice:

- dapprima, capire se l'introduzione di questa tipologia di veicoli possa influenzare le attitudini ed il comportamento degli utenti rispetto al loro modo di spostarsi sulla base di fattori economici, sociali e comportamentali;
- in seguito, fornire raccomandazioni e linee guida dettagliate, permettendo lo sviluppo di tecnologie adatte ai fabbisogni degli utenti e sostenibili nei confronti dell'ambiente circostante.

Il raggiungimento degli obiettivi di cui sopra passa attraverso l'analisi dei fattori latenti che influenzano l'accettazione dell'utente durante la fase di transizione, in modo tale da comprendere come favorire l'integrazione con l'ambiente e le infrastrutture attraverso un nuovo approccio alla pianificazione dei trasporti che ha già comportato la nascita di nuovi servizi di mobilità.

Il procedimento adottato per raggiungere i suddetti obiettivi si basa su cinque fasi:

- progettazione dell'indagine e del questionario e sua somministrazione;
- definizione del campione;
- creazione del database;
- analisi dei dati;
- definizione di un modello capace di analizzare l'accettazione dei veicoli a guida autonoma.

3.1 Progettazione dell'indagine

Il metodo di indagine prescelto è il questionario. Tra le diverse metodologie di somministrazione di un questionario, per la seguente tesi è stato usato il metodo CAWI (Computer Assisted Web Interviewing) in cui il sondaggio viene fornito via web attraverso un link o un sito web.

Questo tipo di questionario permette di ridurre i costi legati all'acquisto di carta e materiali per la stampa e inoltre, data l'assenza di un operatore, anche dei costi per la sua somministrazione. È in grado di gestire autonomamente il flusso di domande utilizzando filtri laddove è necessario e basando le domande successive sulle risposte fornite dall'utente fino a quel momento.

Comunque, sono presenti degli svantaggi che possono compromettere la qualità dell'indagine. Gli utenti potrebbero infatti perdere più facilmente l'attenzione rispetto a quando c'è un intervistatore che guida ed aiuta nella compilazione, portando gli stessi a rispondere in modo superficiale. Inoltre, bisogna considerare

come non tutti possedano un accesso alla rete Internet e quindi come probabilmente l'indagine sia somministrata ad un certo gruppo di utenti più omogeneo (per esempio le persone più giovani rispetto agli anziani che potrebbero non possedere una rete Internet o non saper usare il computer).

Il sondaggio, che è stato definito attraverso il software *LimeSurvey* fornito dal Politecnico di Torino, è iniziato il 6 aprile 2019 per opera di un precedente lavoro di dottorato. L'insieme delle informazioni raccolte dal 2019 al 2021 sono poi state usate in questa tesi con il fine di analizzare i dati ricavati.

Il questionario "Autonomous Vehicles" (<http://survey.polito.it/ng/index.php/683668>) è somministrato in sei lingue diverse: italiano, inglese, cinese, spagnolo, francese e polacco. La maggior parte delle variabili è rappresentata sotto forma di risposta multipla o scala Likert ovvero una tecnica che consiste nel chiedere ai rispondenti il grado di accordo o disaccordo su un certo argomento attraverso una scala che va da 1 (per niente d'accordo) a 6 (totalmente d'accordo). Alcuni esempi di variabili selezionate sono inclusi nella Tabella 1.

Il questionario comprende 57 domande delle quali un esempio è riportato in Figura 25 e sono suddivise in cinque sezioni. I temi sono stati scelti dopo un'attenta analisi della letteratura, basandosi su le indagini condotte finora per capire quali variabili si sono dimostrate più efficaci ed attendibili nella comprensione del tema della percezione e dell'accettazione rispetto i veicoli a guida autonoma.

La prima sezione comprende l'*accordo di privacy*, infatti, il questionario è in forma anonima mentre nella seconda parte sono presenti una serie di domande relative al grado di accettazione dei veicoli a guida autonoma.

*
È mai stato passeggero o guidatore di un veicolo con caratteristiche di automazione avanzata quali: parcheggio automatico (spostamento da una corsia di transito ad uno stallò), regolazione adattativa della velocità (rallentamento ed accelerazione automatici per mantenere la distanza di sicurezza con il veicolo precedente – *cruise control* adattativo), o mantenimento automatico della corsia di transito (l'auto viene ricondotta alla corsia di transito a seguito di involontario allontanamento da questa)?

Scegliere solo una delle seguenti voci

Sì, passeggero
 Sì, guidatore
 Sì, sia passeggero che guidatore
 No

Indietro Avanti

Figura 25: Esempio di domanda riportato nel questionario

Nella seconda sezione le domande si dividono in diversi sottogruppi relativi a:

- Il proprio *livello di conoscenze ed esperienza* in merito alle diverse tecnologie dei veicoli automatici (regolazione velocità, frenatura di emergenza, parcheggio automatico, monitoraggio dell'angolo cieco...);
- Le *preferenze rivelate* (revealed preferences) ovvero le decisioni effettive che sono state prese dagli utenti relative alla sicurezza, al costo, alla fiducia nella tecnologia, alla facilità d'uso e all'adattamento dell'utente nei confronti dell'innovazione. Rappresentano quindi i comportamenti osservabili;
- Le *percezioni* rispetto i veicoli a guida autonoma in merito alla riduzione degli incidenti, dello stress legato agli spostamenti, delle emissioni di gas serra così come all'aumento della dispersione urbana;
- Le *attitudini degli utenti* relative a come impiegherebbero il tempo liberato dall'impegno della guida (dormendo, lavorando, osservando il paesaggio...) e alla loro posizione rispetto alcune questioni ambientali.

Successivamente si analizza il “diario di viaggio” in cui sono racchiuse le domande relative alla *mobilità dell’utente*: scopo del viaggio, frequenza e modalità di trasporto (auto privata e/o condivisa, bicicletta, trasporto pubblico).

Gli spostamenti considerati sono quelli più significativi, ovvero casa-lavoro (Home Base Work) oppure casa-scuola/università (Home Base School), quelli effettuati per commissioni e pratiche burocratiche (Home Base Other) oppure altri come le visite a casa di amici e parenti (Visit Friends and Relative).

L’indagine si focalizza quindi sulle attitudini e sui comportamenti relativi allo spostamento più importante della propria “settimana tipo” in quanto questo rappresenta lo spostamento più conosciuto dagli utenti in termini di tempo impiegato, chilometri percorsi, modi di trasporto utilizzati ed altri vincoli come il costo, la comodità o l’affidabilità.

In genere lo spostamento più frequente della settimana è quello che induce un comportamento di mobilità specifico, più legato alle abitudini delle persone rispetto che all’occupazione (lavoratore, studente, disoccupato) e allo scopo (lavoro, shopping, intrattenimento...). Per questo, è la tipologia di spostamento più rappresentativa.

La quarta sezione comprende le *preferenze dichiarate* (stated preferences) ovvero quelle decisioni che l’utente prenderebbe in scenari ipotetici, e quindi non osservabili, utilizzati per valutare cambiamenti futuri.

Queste domande inquadrano l’utente in una situazione “utopica” in cui sono disponibili solo veicoli a guida autonoma chiedendo come si comporterebbero in determinate circostanze come, per esempio, se preferirebbero usare il trasporto pubblico piuttosto del trasporto privato, se avrebbero intenzione di condividere il veicolo con sconosciuti o se sarebbero favorevoli a vivere lontano dal centro, in campagna o lontani dal luogo di lavoro.

L’ultima parte riguarda le *caratteristiche sociodemografiche* degli intervistati: l’età, il genere, il livello di occupazione e quello di educazione, il reddito familiare, le tipologie di veicoli posseduti e la composizione familiare. In quest’ultima sezione è infine presente la *disponibilità a pagare* del singolo utente per un VGA.

Tabella 1: Tipologie di variabili

Nome della Variabile	Descrizione della Variabile	Tipo di Variabile
PERSLSEC	La preghiamo di valutare l’importanza dei seguenti fattori: Sicurezza Personale	Giudizio espresso su scala Likert da 1 (Per niente importante) a 6 (Estremamente importante)
MPTRP	Considerando la Sua “settimana tipo”, qual è lo spostamento più importante (più significativo)?	Variabile categorica
STRPRIV	Quanto si preoccuperebbe della propria sicurezza personale qualora Le capitasse di condividere lo stesso VA con alcuni estranei e in presenza di videocamera?	Giudizio espresso su scala Likert da 1 (Per niente preoccupato/a) a 6 (Estremamente preoccupato/a)
AGE	Qual è la sua età?	Variabile ordinale
GRDADOP	Come ritiene di essere rispetto alle nuove tecnologie che arrivano sul mercato?	Variabile categorica
OCCUP	Qual è la Sua occupazione?	Variabile categorica
FREQHBW	Frequenza dei Suoi spostamenti nella settimana tipo relativi a casa-lavoro	Variabile ordinale

3.2 Selezione del campione

Il questionario è stato somministrato tramite e-mail a persone con età maggiore di 18 anni provenienti da tutto il mondo (Italia, Paesi dell'Unione Europea ed extraeuropei) per avere una iniziale visione di come le differenze culturali possano influenzare l'accettazione dei veicoli a guida autonoma.

Il sondaggio ha raccolto, entro la fine del settembre 2021, 1724 registrazioni delle quali 843 interamente complete in cui l'utente è arrivato fino alla fine del questionario. Comunque, solo 711 registrazioni sono state analizzate in accordo con i criteri che saranno evidenziati nel capitolo successivo sulla creazione del database.

Dato che l'indagine ha seguito la metodologia CAWI si è preferito che il campione fosse selezionato attraverso un campionamento *snowball* (a palla di neve), che rappresenta una tecnica non probabilistica in cui il ricercatore nomina un piccolo gruppo di soggetti iniziali che poi reclutano altre potenziali fonti di dati tra i loro conoscenti e che potranno partecipare agli studi di ricerca rispettando i criteri di ammissibilità, tra cui per esempio il già citato limite di età di 18 anni (Figura 26).

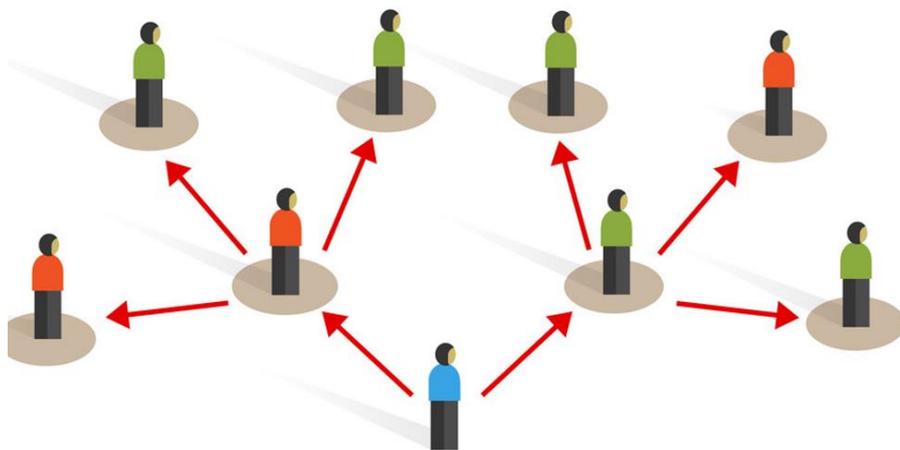


Figura 26: Campionamento a palla di neve

Questa tecnica protrae il suo funzionamento fino al momento in cui il ricercatore ha abbastanza dati da analizzare per trarre dei risultati conclusivi che possono aiutare un'organizzazione a prendere decisioni informate. Non è quindi definita a priori la dimensione del campione.

Il campionamento a palla di neve risulta infatti particolarmente utile nel campo del social computing che, attraverso e-mail, social network, blog o messaggistica istantanea, permette di raggiungere anche popolazioni lontane.

Esistono diversi tipi di campionamento a palla di neve:

- Campionamento lineare: la formazione di un gruppo campione inizia con un soggetto individuale che fornisce informazioni su un solo altro soggetto e poi la catena continua con un solo rinvio dalla singola persona;
- Campionamento esponenziale non discriminatorio: il primo soggetto viene reclutato e poi lui/lei fornisce più referenze. Ogni nuovo utente fornisce più referenze;

- Campionamento esponenziale discriminatorio: ogni soggetto fornisce più rinvii, tuttavia, solo un soggetto viene reclutato da ogni rinvio. La scelta di un nuovo soggetto dipende dalla natura dello studio di ricerca.

Nell'analisi in questione si è scelto un campionamento esponenziale non discriminatorio il quale, nonostante rappresenta un metodo veloce e poco costoso, presenta degli errori intrinseci (*sampling bias*) poiché si fa riferimento a persone che si conoscono tra loro, rischiando quindi di limitare l'indagine ad un certo gruppo di persone con caratteristiche simili.

Inoltre, il campionamento non avviene in modo casuale ed i primi partecipanti avranno un impatto maggiore sul campione mentre per i successivi intervistati, la precisione è fortemente dipendente dall'abilità dei primi individui nella distribuzione del questionario stesso.

Questa tecnica ha infatti fatto sì che il questionario venisse fornito principalmente a persone residenti in Italia con piccolissime percentuali di persone appartenenti agli altri Paesi del mondo come si evince dalla Tabella 2. Ciò è risultato soddisfacente volendo comunque limitare la successiva analisi esplorativa al territorio italiano.

Infine, questo tipo di campionamento non si basa sulle conoscenze a priori della popolazione che avrebbero permesso una suddivisione delle osservazioni tramite variabili stratificate di riferimento come età, mezzi di trasporto usati, reddito o numero di persone all'interno del nucleo familiare. In questo modo si sarebbe definito un campione stratificato a probabilità diseguali che avrebbe comportato risultati più precisi ed accurati.

Tabella 2: Risposte per ogni Paese

Paese	Risposte registrate	Risposte analizzate
Austria	1	1
Barbados	1	1
Belgio	2	2
Belize	1	1
Canada	1	1
Cina	2	1
Finlandia	1	1
Francia	42	36
Germania	6	4
Ungheria	1	1
Irlanda	1	0
Italia	764	647
Libia	1	1
Lussemburgo	1	1
Malta	2	1
Paesi Bassi	2	2
Spagna	5	4
Svizzera	1	1
Stati Uniti	7	5
Dati mancanti	1	0
Totale	843	711

3.3 Creazione del database

Questo capitolo tratta l'analisi dei dati archiviati da *LimeSurvey* ed importati su *Microsoft Excel* affinché essi siano analizzati, corretti ed aggregati al fine di creare una base di dati efficace per le analisi successive su *SPSS*. Come anticipato nel capitolo precedente, le osservazioni complete, ovvero quelle in cui l'utente è arrivato alla compilazione del questionario fino alla pagina finale, sono risultate essere 843 (Figura 27).

Partendo da questo, è stato analizzato il tempo totale impiegato dagli utenti per rispondere al questionario e sono state eliminate tutte le osservazioni in cui il tempo è risultato essere minore di 15 minuti quando il giorno di inizio e di fine compilazione coincidevano. Si è infatti considerato un tempo medio per svolgere il questionario di 20 minuti con uno scarto di 5 minuti nel caso in cui l'utente data una risposta, ne saltava altre di conseguenza. Questionari svolti in meno di 15 minuti non sono quindi considerati attendibili in quanto le informazioni contenute all'interno perdono di accuratezza.

Dato che il sondaggio è stato somministrato online, è stata data la possibilità all'utente di iniziare la compilazione in un giorno e poi finirla nei giorni successivi, partendo esattamente da dove ci si era fermati.

Sono quindi state analizzate queste osservazioni per capirne l'affidabilità, esaminando i tempi parziali di ogni sezione e confrontandoli con i tempi medi misurati per evidenziarne o meno la coerenza.

Si è osservato come la maggior parte degli utenti che hanno completato il questionario in giorni successivi, si siano fermati prevalentemente in corrispondenza della seconda sezione, ovvero quella relativa all'accettazione dei veicoli a guida autonoma che, contenendo più domande, rappresenta la parte più corposa. Questo ha comportato una diminuzione di attenzione negli intervistati che hanno preferito interrompere la compilazione per poi continuarla nei giorni successivi con una maggiore concentrazione.

Quindi, tutte le osservazioni di questo tipo sono state considerate per essere analizzate, in quanto le risposte ed i tempi relativi alle singole domande sono risultati del tutto ragionevoli.

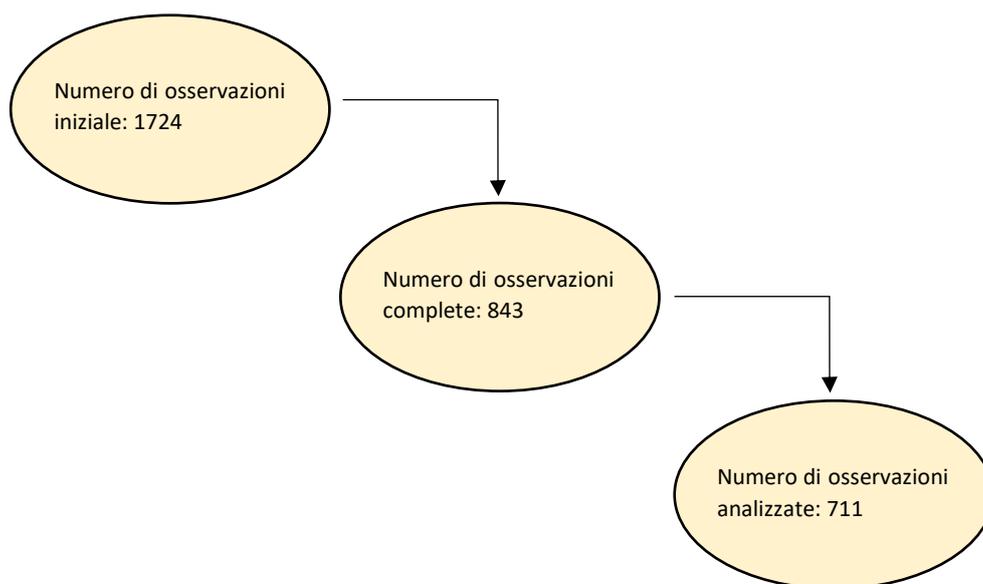


Figura 27: Numero di osservazioni

Come mostrato in Figura 27, determinato il numero effettivo di osservazioni, pari a 711, è stata definita una legenda associata al database che evidenziasse tutte le variabili presenti ed il loro significato.

Ad ogni variabile è stato associato un nominativo di otto lettere per conferirne una più facile lettura sia all'interno del database sia successivamente nell'implementazione delle analisi quantitative.

Inoltre, nelle opzioni delle domande era contenuta la voce "Altro", dando la possibilità agli intervistati di indicare una loro preferenza o giudizio; si è quindi cercato di capire se queste informazioni potessero essere incluse nelle scelte precedenti per evitare di creare nuove categorie.

Un esempio riguarda la domanda "Quali dei seguenti modi di trasporto sono presenti nella tua città?" in cui nell'opzione "Altro" sono state inserite molte risposte come "metropolitana": questo modo di trasporto appartiene comunque al trasporto pubblico e, per queste ragioni, è stata inclusa in tale categoria.

Laddove questo non è stato possibile, in quanto la scelta non ricadeva in nessuna delle opzioni già presenti, sono state considerate le alternative più ripetute tra gli utenti, quindi le più rilevanti, e su di esse sono state create nuove variabili. Considerando l'esempio precedente, si è notato come molti utenti abbiano risposto "monopattino elettrico, segway o hoverboard". Questi sono stati inglobati nella nuova variabile ELSCOOT, riportata nella legenda in allegato (Legenda_Database_VGA).

Un altro esempio è presente alla fine della seconda sezione, alla domanda "Immagini di essere un passeggero di un VA, come impiegherebbe il tempo liberato dall'impegno della guida?". Molte risposte sono state "parlare con gli altri passeggeri", "mangiare", "rilassarsi", "vestirsi e truccarsi" e "osservare come il veicolo si comporta in modo tale da riprendere i comandi se necessario". A questo proposito, sono state create due distinte variabili: RELAX ingloba tutte le risposte elencate in precedenza tranne l'ultima per la quale è stata definita una nuova variabile, ovvero OBS_BHVR.

Un altro caso da analizzare riguarda la domanda "La preghiamo di far riferimento ad una Sua settimana tipo e di specificare i motivi e le frequenze dei Suoi spostamenti" in quanto, anche in questo caso, è stata data la possibilità agli utenti di indicare scopi diversi da quelli già descritti nel questionario.

Un motivo di spostamento che è stato ripetuto dagli utenti più volte, ha riguardato l'andare a visitare amici e parenti e, dunque, è stata introdotta una nuova variabile FREQVFR con associate le frequenze per questo tipo di spostamento dichiarate da ogni utente che l'aveva presa in considerazione. Per gli intervistati che non avendola considerata non hanno nemmeno indicato la frequenza associata, si è ipotizzato che nella loro settimana tipo questo spostamento non sia presente e quindi è stata inserita una frequenza nulla.

Successivamente l'indagine sul dataset ha riguardato la determinazione di controlli incrociati tra le variabili per capire se i dati inseriti dall'utente avessero un senso logico tra di loro. Innanzitutto, sono state prese in considerazione le variabili relative ai minuti impiegati ed ai chilometri effettuati per lo spostamento più significativo, eliminando i dati quando questi non erano correlati fra di loro o se confrontati con il mezzo di trasporto utilizzato.

Per esempio, l'utente con identificativo 407 ha dichiarato di percorrere per ragioni di lavoro 300 chilometri in 1 ora con l'auto privata, mentre l'utente 1134 ha affermato di percorrere 5 chilometri in 1520 min usufruendo di trasporto pubblico o della bicicletta personale. Queste correlazioni appaiono prive di significato logico per cui, insieme ad altre casistiche di questo genere, sono state eliminate.

Altri controlli incrociati sono stati effettuati riguardo alla composizione del nucleo familiare. Sono infatti stati eliminati i casi in cui il numero di bambini con meno di undici anni, il numero di persone disabili o il numero di persone in possesso della patente di guida risultasse superiore al numero totale dei membri della famiglia.

Nella sezione relativa alle caratteristiche sociodemografiche, è stata poi analizzata la domanda relativa alla disponibilità a pagare nel caso in cui l'utente dovesse acquistare lo stesso veicolo che possiede ora ma nel caso in cui questo fosse completamente autonomo.

Le opzioni sono state disposte in intervalli adattativi, ovvero basate sulle risposte precedenti relative al valore attuale del proprio veicolo. Inoltre, i valori sono stati considerati ammissibili se appartenenti all'intervallo tra 100 e 120000 euro.

È stato poi calcolato il valore medio tra il minimo ed il massimo di ogni range e questi valori sono stati inseriti in tabella nella variabile FUTVAL, come riportato in legenda (Legenda_Database_VGA). La divisione in classi è stata effettuata nel seguente modo:

- Classe 1: 0-900 euro;
- Classe 2: 901-5000 euro;
- Classe 3: 5001-8000 euro;
- Classe 4: 8001-12000 euro;
- Classe 5: 12001-20000 euro;
- Classe 6: 20001-37000 euro;
- Classe 7: 37001-50000 euro;
- Classe 8: più di 50000 euro.

Alcune problematiche sono state riscontrate quando è stato richiesto il tipo di occupazione ed il relativo reddito familiare di ciascun intervistato in quanto alcuni utenti hanno preferito non rispondere, sostenendo che si tratti di dati personali non necessari alla formulazione dell'indagine.

In conclusione, per favorire le successive analisi, sono state aggiunte al questionario una serie di variabili create per aggregazione di dati, descritte come di seguito riportate:

- **LEVEL:** l'aggregazione è stata fatta in accordo alle caratteristiche avanzate presenti nei veicoli divise in base ai primi tre livelli della classificazione SAE;
- **CITYMODE:** i mezzi di trasporto presenti nella città sono stati suddivisi in cinque categorie ovvero trasporto privato, trasporto pubblico, servizio taxi, car sharing e modi di trasporto "dolci" ovvero a basso impatto ecologico (bicicletta, scooter sharing, bike sharing, andare a piedi);
- **MODTRAN:** aggregazione dei modi di trasporto utilizzati abitualmente in trasporto privato, trasporto pubblico, servizio taxi, car sharing e modi di trasporto "dolci";
- **PERSMOD:** aggregazione dei modi di trasporto utilizzati abitualmente in unimodali e multimodali;
- **SBAGGR:** suddivisione degli abbonamenti posseduti dal singolo utente in trasporto privato, trasporto pubblico, servizio taxi, car sharing e modi "dolci";
- **SBNUM:** aggregazione degli abbonamenti posseduti dal singolo utente in nessuno, uno o più di uno;
- **AGEAGRR:** suddivisione degli utenti in quattro gruppi di età;
- **HHAGGR:** aggregazione rispetto al numero di persone nel nucleo familiare ed al numero di bambini con meno di undici anni.

Questi temi sono comunque approfonditi nella legenda associata al database e riportata in Allegato.

Si vogliono comunque fornire alcune indicazioni sulla composizione della legenda. Essa è suddivisa in cinque categorie: la prima contiene le informazioni generali, ovvero relative alla data (ed al tempo) di inizio e di fine compilazione del questionario o riguardo il linguaggio usato.

Le domande sono poi riportate in base alla loro stessa suddivisione all'interno del questionario: accettazione dei veicoli a guida autonoma, diario di viaggio, preferenze dichiarate e caratteristiche sociodemografiche di ogni utente.

Per ogni domanda si riporta il codice identificativo della domanda, il numero della domanda, il nome della variabile espresso come un acronimo inglese di otto lettere, il tipo di variabile ovvero se categorica o numerica, il significato della variabile ed infine la relativa codifica in valori numerici. Quest'ultima rappresenta una caratteristica essenziale per la successiva implementazione in *SPSS*.

3.4 Analisi dei dati

La procedura è sintetizzata nei seguenti step:

- analisi descrittiva: è focalizzata principalmente sulla comprensione delle attitudini e delle percezioni degli intervistati provenienti dai diversi Paesi del mondo, essenziale per avere una prima idea della distribuzione del campione;
- analisi statistica quantitativa: i dati dei soli intervistati italiani sono analizzati tramite analisi fattoriale esplorativa (EFA) per l'identificazione dei fattori latenti presenti tra le variabili alla base del processo di accettazione dei VGA;
- analisi dei gruppi (*cluster analysis*): tramite l'algoritmo *k-medie* si definisce un'analisi a gruppi applicata ai fattori latenti individuati tramite EFA. I profili degli utenti riscontrati sono poi stati confrontati con le caratteristiche socioeconomiche ed attitudinali rilevanti per la differenziazione in gruppi. Poiché le variabili considerate non presentano una distribuzione normale, la loro significatività è stata studiata tramite il test statistico di Kruskal-Wallis.

3.4.1 Analisi Statistica Descrittiva

Con il termine statistica descrittiva si intende, per definizione, un insieme di tecniche finalizzate alla descrizione delle caratteristiche fondamentali per indagare i dati raccolti tramite un questionario con l'obiettivo di fornire una sintesi semplice del campione.

L'analisi è stata svolta prendendo in considerazione i 711 intervistati validi provenienti dai diversi Paesi del mondo per avere una visione globale delle percezioni degli intervistati nei riguardi dei VGA.

Rappresenta quindi il primo passaggio necessario per un'elaborazione statistica in quanto permette di capire come sono realmente organizzati i dati oltre che individuare la presenza di anomalie, errori e relazioni esistenti fra le variabili stesse.

Si differenzia inoltre dalla statistica inferenziale, che utilizza le variabili iniziali per indagare su ulteriori informazioni più generali non direttamente presenti nel campione.

Per l'analisi descrittiva, così come successivamente per quella esplorativa, è stato utilizzato il software SPSS in quanto oltre ad essere facile da usare permette di visualizzare analisi numeriche complete.

Per descrivere e sintetizzare i dati campionari quantitativi, la statistica descrittiva si focalizza su tre aspetti principali ovvero la descrizione e la forma della distribuzione, la tendenza centrale e la variabilità (o dispersione).

Gli strumenti di utilizzo sono sia di tipo grafico come istogrammi di frequenza, che di tipo numerico come gli indici di sintesi. Essi sono suddivisi in indici di posizione (media, mediana e moda), indici di variabilità (varianza, deviazione standard) ed indici di deviazione rispetto la normale (indice di asimmetria e indice di curtosi).

Si riportano di seguito alcuni richiami di statistica dei seguenti indici per consentire una maggiore facilità e comprensione delle analisi che seguono:

- frequenza assoluta: si intende il numero/conteggio di osservazioni che cadono in una determinata classe;
- frequenza cumulata: si intende il numero di osservazioni che sono inferiori ad una data soglia;
- moda: indica l'osservazione che appare con frequenza maggiore;
- media: si ottiene sommando i dati di tutte le osservazioni e dividendo tale somma per il numero delle osservazioni (Equazione (11));

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (11)$$

- mediana: rappresenta il percentile al 50%, ovvero identifica il valore centrale rispetto agli estremi;
- varianza: è il quadrato della deviazione standard e identifica la dispersione dei valori di una certa variabile attorno al valore medio (Equazione (12));

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (12)$$

- deviazione standard (scarto quadratico medio): è la radice quadrata della varianza;
- indice di asimmetria: indica il grado di lontananza della distribuzione in esame rispetto la distribuzione normale simmetrica. È la media dei dati standardizzati elevati alla terza potenza (Equazione (13));

$$skewness = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1) s^3} \quad (13)$$

- curtosi: si usa per descrivere il grado di aderenza della distribuzione a quello della distribuzione normale. È la media dei dati standardizzati elevati alla quarta potenza (Equazione (14));

$$kurtosis = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{(n-1) s^4} \quad (14)$$

- indice di correlazione di Spearman: è un metodo non parametrico e misura il grado di relazione tra due variabili con l'unica ipotesi che esse siano ordinabili e, se possibile, continue. Assume valori

compresi tra -1 e +1, che indicano una perfetta correlazione mentre il valore nullo evidenzia una correlazione nulla.

Inoltre, il segno positivo indica una correlazione direttamente proporzionale mentre quello negativo indica che le due variabili sono indirettamente proporzionali.

- coefficiente di correlazione di Pearson: è un metodo parametrico ed esprime un'eventuale relazione di linearità tra due variabili statistiche. È anch'esso compreso tra -1 e +1 ed è definito come la covarianza delle due variabili statistiche divisa per il prodotto delle loro deviazioni standard (Equazione (15));

$$\rho_{xy} = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} \quad (15)$$

- p-value (valore di probabilità): oltre ad individuare la presenza di correlazioni tra le variabili, bisogna capire se esse risultano significative e con quale livello di autorevolezza. Il p-value permette di conoscere se la correlazione individuata è dovuta alla casualità introdotta nel campionamento o se è statisticamente significativa. Fissata l'ipotesi nulla di un test si individua una soglia, ovvero un livello di tolleranza, che viene scelta dalla persona che conduce l'esperimento prima di analizzare i dati. Se il p-value risulta maggiore della soglia predefinita, allora l'ipotesi nulla non può essere rifiutata ed il test non risulta significativo.

Nell'indagine in questione, comunque, predominano variabili qualitative relative alle percezioni ed agli atteggiamenti dei rispondenti a cui sono state associate le codifiche numeriche della scala Likert.

La scala Likert nasce nel 1932 ad opera dello psicometrico Rensis Liker come strumento in grado di "misurare" opinioni ed atteggiamenti. Essa rappresenta una scala di valutazione che conferisce un punteggio applicato a una certa affermazione negativa o positiva riguardo un particolare tema.

Nella tipologia di scala Likert più diffusa, il punteggio generalmente va da 1 (Per nulla d'accordo, Molto insoddisfatto o Per niente importante) fino ad un massimo di 6 (Del tutto d'accordo, Molto soddisfatto o Totalmente importante).

3.4.2 Analisi Fattoriale Esplorativa

Dopo l'analisi descrittiva effettuata considerando le 711 risposte effettivamente valide che hanno permesso l'identificazione della percezione globale degli intervistati riguardo i VGA, si vuole focalizzare l'attenzione sull'analisi fattoriale esplorativa circoscritta ai rispondenti italiani in modo da individuare i fattori latenti che ne influenzano l'accettazione.

Le risposte considerate in questa successiva analisi passano quindi da 711 a 647 come mostrato in Figura 28.

L'analisi fattoriale rappresenta una tecnica di interdipendenza che si propone di estrarre una struttura a partire da un set di variabili osservate al fine di interpretare al meglio una serie di relazioni esistenti tra le variabili stesse.

Essa si distingue in *analisi fattoriale confermativa* quando si definiscono a priori i fattori da analizzare e si verifica che il modello ipotizzato sia coerente con i dati analizzati, ed *analisi fattoriale esplorativa* che, non partendo da ipotesi definite a priori, estrapola le variabili latenti a partire da quelle osservate.

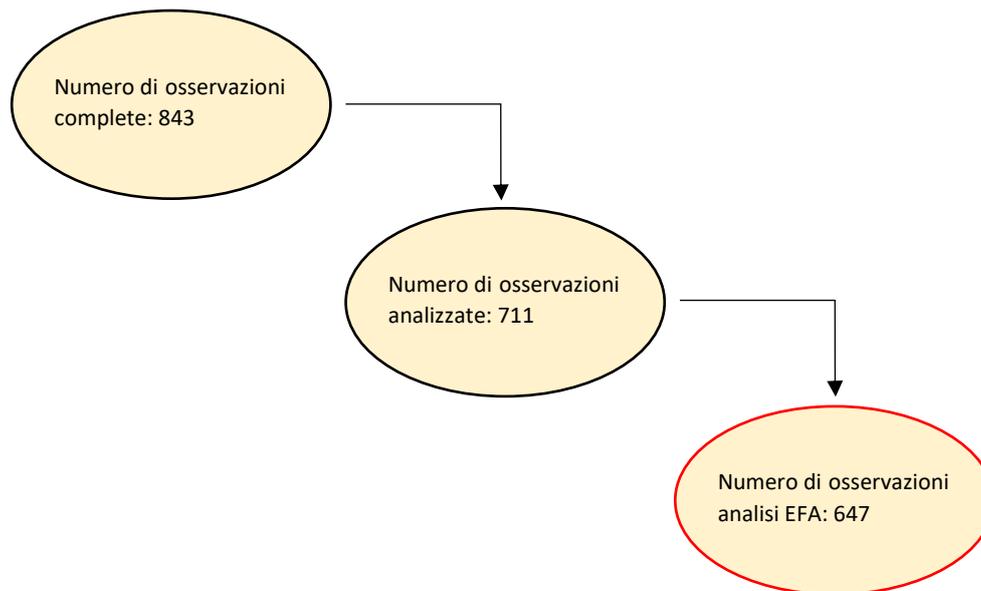


Figura 28: Numero di osservazioni per l'analisi esplorativa

Questo metodo ha quindi come obiettivo primario l'individuazione di fattori non direttamente osservabili e misurabili a partire da una serie di variabili osservate (e quindi misurate).

Si distingue dall'*analisi per componenti principali* (ACP), il cui scopo principale è la riduzione di un numero più o meno elevato di variabili in alcune componenti basandosi sulla correlazione tra esse. In sintesi, l'EFA dà soluzioni più accurate rispetto alla ACP.

L'analisi fattoriale si compone, in generale, di sette step descritti da Hair et al. nel 2009 e riportati brevemente di seguito.

STEP 1: obiettivi dell'analisi fattoriale

Il primo passo consiste nel capire il tipo di analisi da effettuare in base allo scopo del problema, identificando la struttura dei dati ed il numero di variabili da usare.

Per l'analisi in questione, coerentemente con gli scopi prefissati, si decide di utilizzare il modello esplorativo.

STEP 2: progettazione dell'analisi fattoriale

Consiste in tre passaggi preliminari ossia la definizione della matrice di correlazione, l'individuazione delle variabili e la definizione della dimensione del campione.

Nell'indagine è stata presa in considerazione una matrice di correlazione tra le variabili (*R factor analysis*) e sono state escluse dall'analisi le variabili categoriche in quanto soggette a criteri di correlazione diversi. Si userà quindi la correlazione di Pearson tra due variabili statistiche.

L'indice di correlazione di Pearson, espresso nell'equazione (16), è un numero compreso tra zero ed uno che esprime un'eventuale relazione lineare tra le variabili. La correlazione si dice debole se minore di 0.3, moderata se compresa tra 0.3 e 0.7 e forte se maggiore di 0.7.

$$\rho_{xy} = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} \quad (16)$$

dove:

σ_{xy} = covarianza tra le due variabili;

σ_x = varianza della variabile x;

σ_y = varianza della variabile y.

Riguardo al numero di osservazioni, in generale non se ne considerano meno di 50, preferibilmente 100. Come regola generale, si deve avere un numero di osservazioni pari a cinque volte il numero di variabili anche se sarebbe preferibile un rapporto 1:10. Alcuni ricercatori hanno proposto anche un minimo di 20 casi per variabile.

STEP 3: ipotesi dell'analisi fattoriale

Il ricercatore deve assicurare un'appropriata selezione delle variabili ed inoltre il campione deve risultare omogeneo rispetto la struttura fattoriale.

Da un punto di vista statistico affinché l'analisi fattoriale risulti appropriata, il grado di correlazione tra variabili deve risultare maggiore di .30 e la correlazione parziale, ovvero quando è condizionata da altre variabili, maggiore di .70.

Un altro metodo che studia le correlazioni tra variabili è il test di sfericità di Bartlett mostrato nell'equazione (17), in cui se la significatività risulta inferiore al limite considerato (di solito 0.05), allora si può enunciare che una certa correlazione tra le variabili esiste. Alcuni studiosi hanno comunque notato come il metodo sia sensibile alla dimensione del campione.

$$\chi^2 = - \left[n - 1 - \frac{1}{6}(2p + 5) \right] \ln (|R|) \quad (17)$$

Dove:

n = numero di osservazioni;

p = numero di variabili;

$|R|$ = determinante della matrice di correlazione.

Una terza modalità per misurare il grado di correlazione tra le variabili è la misura dell'adeguatezza del campionamento (*Measure of Sampling Adequacy, MSA*) introdotta da Kaiser che è stata successivamente modificata da Kaiser e Rice nella statistica di Kaiser-Meyer-Olkin espressa nell'equazione (18). È un valore compreso tra zero ed uno, dove l'unità indica la perfetta correlazione tra le variabili.

La misura è inaccettabile se risulta minore di .50, mediocre se compresa tra .50 e .70 ed infine meritevole se maggiore di .80. Le variabili con una MSA minore di .50 devono essere omesse dall'analisi.

$$KMO = \frac{\sum_i \sum_j r_{ij}^2}{\sum_i \sum_j r_{ij}^2 + \sum_i \sum_j p_{ij}^2} \quad (18)$$

Dove:

r = correlazioni tra le variabili;

p = correlazioni parziali tra le variabili.

STEP 4: selezione dei fattori

Consiste nella scelta del metodo di estrazione dei fattori e nella loro successiva selezione.

Per capire quale metodo usare si considera la varianza che è divisa in varianza comune, ovvero quella condivisa tra le variabili (chiamata anche comunaltà) e la varianza specifica associata ad ogni singola variabile.

Nell'indagine che segue si considera il metodo della fattorizzazione all'asse principale che considera unicamente le comunaltà al contrario dell'analisi per componenti principali che non trascura la varianza specifica.

I due metodi, comunque, danno risultati simili quando il numero di variabili è superiore a 30 e la comunanza maggiore di .60 per la maggior parte delle variabili.

Si analizzano ora di seguito i metodi per l'identificazione del numero di fattori da estrarre:

- criterio dell'autovalore: solo i fattori con autovalori maggiori dell'unità sono presi in considerazione;
- percentuale di varianza considerata: il numero dei fattori da estrarre dipende dalla varianza cumulata, che deve risultare maggiore (o almeno circa uguale) al 60%;
- scree test: consiste in una rappresentazione grafica degli autovalori in forma canonica. Secondo Cattell, gli autovalori connessi con i fattori reali e non casuali hanno un andamento caratteristico a caduta e quindi si estraggono solo quei fattori che sono sulla linea di caduta trascurando quelli che degradano lentamente (Figura 29). Nel modello di Cattell, al contrario di quello di Harman, il punto di flesso è incluso;
- analisi parallela: partendo da una matrice di dati casuali, si calcolano gli autovalori e, ripetendo la simulazione più volte, si mantengono nell'analisi gli autovalori attuali maggiori di quelli casuali.

I fattori sono estratti in sequenza secondo la loro capacità di spiegare la varianza.

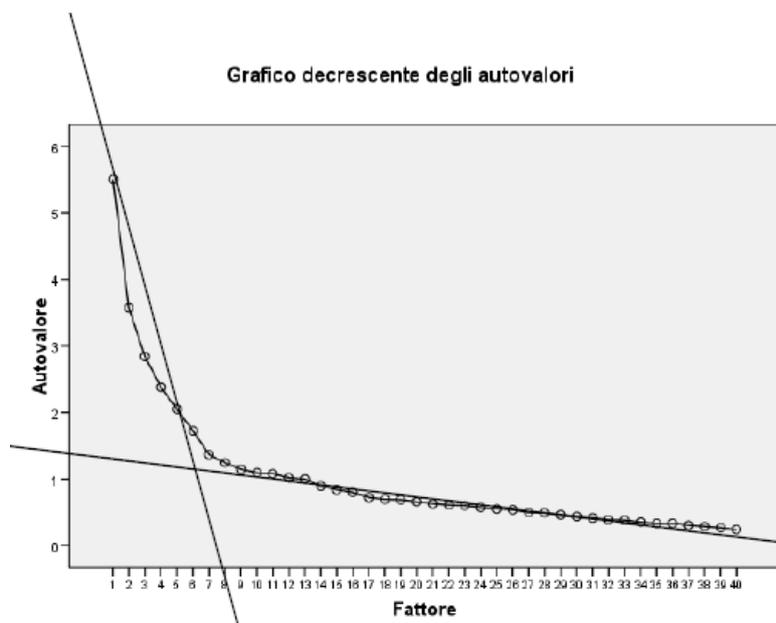


Figura 29: Scree test

STEP 5: interpretazione dei fattori

L'interpretazione dei fattori consiste in tre procedure. In primo luogo, il software calcola la matrice delle componenti non ruotata che contiene i pesi dei fattori per ogni variabile. Essi rappresentano le correlazioni esistenti tra fattore e variabile.

Per avere una migliore comprensione dei dati e non solo una loro sintetizzazione, la matrice delle componenti viene ruotata in modo da semplificare la struttura fattoriale.

La rotazione è di tipo *ortogonale* se gli assi fattoriali restano tra loro a novanta gradi presupponendo quindi un'indipendenza tra i fattori stessi, o *obliqua* se l'angolo risulta diverso da novanta gradi ed i fattori sono correlati. Quest'ultimo è quindi più realistico.

Nel caso della rotazione ortogonale i modelli più usati sono QUARTIMAX e VARIMAX che massimizza la varianza delle saturazioni dei fattori mentre per quella obliqua sono OBLIMIN (presente in SPSS) e PROMAX.

La soluzione obliqua produce due matrici: la matrice di struttura che indica le correlazioni parziali variabile-fattore e la matrice dei modelli, considerata effettivamente nell'analisi, che riguarda le correlazioni variabile-fattore.

In ultimo, la matrice viene analizzata eliminando le variabili che non hanno peso nella formulazione dei fattori. Infatti, affinché i dati siano significativi ed interpretabili, i pesi dei fattori devono risultare almeno pari a .30 per una dimensione del campione di almeno 350 osservazioni (un peso maggiore o uguale di .70 permetterebbe l'identificazione di una ben definita struttura fattoriale).

Il processo di valutazione è inoltre iterativo infatti in questa fase, se i risultati non sono raggiunti, si deciderà di cambiare il metodo di rotazione o direttamente il modello dell'analisi fattoriale.

STEP 6: validazione dell'analisi fattoriale

Rappresenta il grado di generalizzazione dei risultati che si ottiene attraverso un'analisi confermativa per valutare il livello di replicabilità dei risultati, la stabilità della struttura (che dipende dalla dimensione del campione e dal numero di casi per ogni variabile) e la presenza di valori anomali nei risultati.

Un metodo utilizzato, quando sono presenti variabili ordinate su scala, è l'alpha di Cronbach, che rappresenta un indicatore statistico usato per valutare l'affidabilità di un test. Esso prende il nome da Lee Cronbach che lo propose nel 1951 per identificare in modo oggettivo la validità dei test pedagogici e psicologici.

Questo indice, compreso tra 0 ed 1, assume un valore buono se maggiore di 0,7 ed ottimo se maggiore di 0,8.

Esiste un'altra metodologia, utilizzata nella seguente analisi, che presuppone la divisione del campione in due parti uguali e la ridefinizione dell'analisi esplorativa su entrambi i sotto campioni. Se i risultati sono pressoché simili, allora i risultati sono stati generalizzati rendendoli applicabili per future indagini.

STEP 7: usi aggiuntivi dei risultati dell'analisi fattoriale

I fattori identificati nell'analisi fattoriale esplorativa possono essere usati come input per successive indagini, come l'analisi a gruppi o l'analisi SEM (Structural Equation Modelling) in cui i fattori, attraverso un modello di regressione lineare, sono usati come variabili indipendenti per capire i nessi casuali con le altre variabili.

3.4.3 Analisi dei gruppi (Cluster Analysis)

Rappresenta un insieme di tecniche di analisi multivariata dei dati volte alla selezione ed alla segmentazione delle osservazioni iniziali in modo tale da creare una serie di gruppi formati da unità tra loro omogenee.

Le unità statistiche sono infatti suddivise in un certo numero di gruppi a secondo del loro livello di somiglianza, e spesso questa similarità (o dissimilarità) è concepita come distanza in uno spazio multidimensionale.

Questo tipo di analisi, così come l'analisi fattoriale esplorativa, non compie nessuna assunzione "a priori" sulle tipologie fondamentali esistenti ma assume un ruolo esplorativo di ricerca di strutture latenti.

L'applicazione della seguente analisi si articola su quattro fasi di seguito riportate.

STEP 1: Scelta delle variabili di classificazione

Rappresenta la preparazione del dataset iniziale che è strettamente condizionata dallo scopo dell'indagine e riflette le idee del ricercatore, per cui è presente un alto grado di soggettività.

STEP 2: Scelta di una misura della dissomiglianza esistente fra le unità statistiche

Nel caso di variabili quantitative o ordinali, l'omogeneità si misura come distanza tra le unità statistiche mentre per le variabili qualitative si fa riferimento al concetto di similarità.

I metodi classici per misurare le distanze tra due unità statistiche sono la distanza euclidea e la distanza di Manhattan definite come segue nell'Equazione (19) e nell'Equazione (20):

$$D_{euclidea}(x_i, x_j) = \sqrt{\sum_{r=1}^n (x_{ir} - x_{jr})^2} \quad (19)$$

$$D_{Manhattan}(x_i, x_j) = \sum_{r=1}^n |x_{ir} - x_{jr}| \quad (20)$$

Dove x_i e x_j sono due vettori di lunghezza n .

STEP 3: Implementazione di un algoritmo di raggruppamento delle variabili

Gli algoritmi si dividono in *gerarchici*, di cui fanno parte quelli agglomerativi e divisivi e che conducono ad un insieme di gruppi ordinabili secondo livelli crescenti, e *non gerarchici* che forniscono un'unica partizione.

Si accenna, a scopo conoscitivo, al raggruppamento gerarchico agglomerativo che ha la caratteristica di investigare tutte le possibili aggregazioni delle unità statistiche a partire dalla configurazione in cui ogni gruppo è formato da ogni singola unità statistica fino alla configurazione estrema in cui tutte le unità statistiche confluiscono in un unico gruppo, ovvero il dataset iniziale. Il raggruppamento si dice divisivo se opera al contrario (dalla configurazione del dataset alle singole variabili).

Nello specifico si analizza l'algoritmo non gerarchico *k-medie* (McQueen, 1967) che sarà implementato nella seguente tesi. È usato quando vi è un numero molto elevato di statistiche e rappresenta un metodo di suddivisione di oggetti in k gruppi a partire da un set di dati.

Ogni gruppo è rappresentato da un suo centro chiamato *centroide* che corrisponde alla media dei punteggi assegnati al gruppo.

L'algoritmo inizia con la creazione di un primo gruppo di centroidi il cui numero deve essere specificato a priori. Essi sono selezionati casualmente e vengono usati come punti iniziali per ogni gruppo, individuando una partizione iniziale.

Una volta scelta la partizione iniziale si procede a riallocare ogni osservazione al centroide più vicino in base al calcolo della distanza euclidea. Quindi, si eseguono dei calcoli iterativi per ottimizzare la posizione dei centroidi con l'obiettivo di minimizzare la variazione totale all'interno di ogni gruppo, che è definita come la somma delle distanze euclidee al quadrato tra gli elementi ed ogni centroide.

La formulazione è riportata nell'Equazione (21):

$$w(C_k) = \sum_{k=1}^n \sum_{x_i \in C_k} (x_i - \mu_k)^2 \quad (21)$$

dove x_i è un'osservazione appartenente al gruppo C_k e μ_k rappresenta il valore medio dei punti assegnati allo stesso gruppo.

Se la distanza minima di ogni elemento non è ottenuta in corrispondenza del centroide del gruppo di appartenenza, allora l'elemento è riallocato al gruppo che corrisponde al centroide più vicino.

L'ottimizzazione dei gruppi avviene quando i centroidi si sono stabilizzati, ovvero non vi è alcun cambiamento nei valori, o quando il numero definito di iterazioni è stato raggiunto.

STEP 4: Valutazione ed interpretazione della partizione ottenuta

I risultati sono confrontati con le caratteristiche socioeconomiche e le attitudini di mobilità degli utenti per capire quali variabili risultano significative nella formazione dei gruppi.

3.5 Definizione del modello teorico

Dall'analisi della letteratura descritta nel capitolo 2.3.2 si è deciso di considerare per lo studio dell'accettazione dei veicoli a guida autonoma, i costrutti relativi al TAM E all'UTAUT.

In particolare, si introduce un modello sviluppato nel 2012 (Osswald et al.) denominato *Car Technology Acceptance Model* (CTAM) che incorpora nel modello UTAUT un insieme di altri costrutti attitudinali usati nella tesi per predire l'accettazione dei VGA da parte degli utenti che ne usufruiranno.

In passato, il modello di accettazione della tecnologia (TAM) ha ricevuto ampio consenso in quanto ha permesso di determinare l'atteggiamento dell'individuo nei confronti di un sistema informatico. La recente ricerca mira, comunque, a renderlo applicabile ai più vari contesti tra cui quello relativo ai trasporti ed alla mobilità.

Ci sono infatti condizioni fortemente correlate al contesto di utilizzo che è importante considerare, come per esempio le condizioni ambientali o la velocità di guida, che inducono un rischio relativo alla sicurezza fisica ben superiore rispetto all'interazione statica uomo-computer dei sistemi informatici analizzati con il TAM.

Inoltre, il conducente riceve assistenza durante la guida che, tramite le funzionalità di mantenimento della corsia, della velocità ed informazioni sul traffico in tempo reale, permettono lo sviluppo di un sistema sempre più automatizzato che crea aspettative ma anche preoccupazioni da parte dell'utente.

Le variabili presenti nel modello CTAM e usate come precursori del comportamento all'uso, sono indicate e descritte di seguito oltre che rappresentate in Figura 30.

L'*aspettativa di prestazione* è definita, riprendendo il concetto del modello UTAUT, come il grado in cui un conducente crede che l'uso del sistema lo aiuterà a raggiungere le prestazioni di guida desiderate, che si esplicitano sia come obiettivi individuali che globali. Secondo il modello, esso rappresenta il più forte precursore dell'intenzione.

L'*aspettativa di sforzo* è definita, al pari del modello UTAUT, come il grado di facilità associato all'uso di un sistema ed influenza l'intenzione comportamentale. È importante soprattutto nei VGA in quanto più velocemente l'utente riuscirà a gestire il sistema, più il periodo di transizione per l'accettazione della nuova tecnologia sarà breve.

Altri due costrutti appartenenti al modello UTAUT sono inglobati nel CTAM: l'*influenza sociale*, definita come il grado in cui un individuo crede che le opinioni di altre persone siano importanti per sé stesso tanto da influenzarne il comportamento, e le *condizioni facilitanti* ovvero il grado in cui l'individuo crede che esista un'infrastruttura tecnica o qualcuno per supportare il sistema.

Nello specifico, l'influenza sociale contiene sia le norme soggettive presenti nel modello TRA che i fattori sociali del TIB.

Le condizioni facilitanti, al contrario degli altri costrutti presenti nel modello, sono precursori del comportamento all'uso.

Tra le nuove variabili è invece presente l'*autoefficacia*, che rappresenta la convinzione di una persona nella sua capacità o nella sua competenza di saper usare la tecnologia per svolgere un particolare compito. Deriva dalle esperienze personali e dalla percezione del sé.

L'*ansia*, invece, nel contesto dei veicoli su strada, rappresenta il grado con il quale una persona risponde a una situazione con apprensione, disagio e sentimenti di eccitazione. L'ansia comportamentale riflette in generale le preoccupazioni nei confronti del comportamento dell'auto.

Si definisce poi la *sicurezza percepita*, che esprime il grado in cui un individuo crede che l'uso di un sistema possa aumentare il suo benessere in termini di sicurezza personale, comprendendo anche la sicurezza percepita in presenza di altri utenti.

Infine, l'*atteggiamento nei confronti della tecnologia* rappresenta la reazione dell'utente, e riflette le sue credenze riguardo l'uso del sistema ed i suoi effetti. Questo costrutto non ha influenzato significativamente l'intento comportamentale nel modello UTAUT, ma lo si reintroduce (riprendendolo dal modello TRA) non potendo stimare in anticipo l'effetto comportamentale nel contesto dei VGA.

Lo scopo finale consiste nella conferma (o non conferma) delle ipotesi del modello CTAM in relazione ai risultati (fattori latenti) ottenuti tramite l'analisi fattoriale esplorativa, svolta sulla base delle variabili iniziali definite in fase di progettazione del questionario.

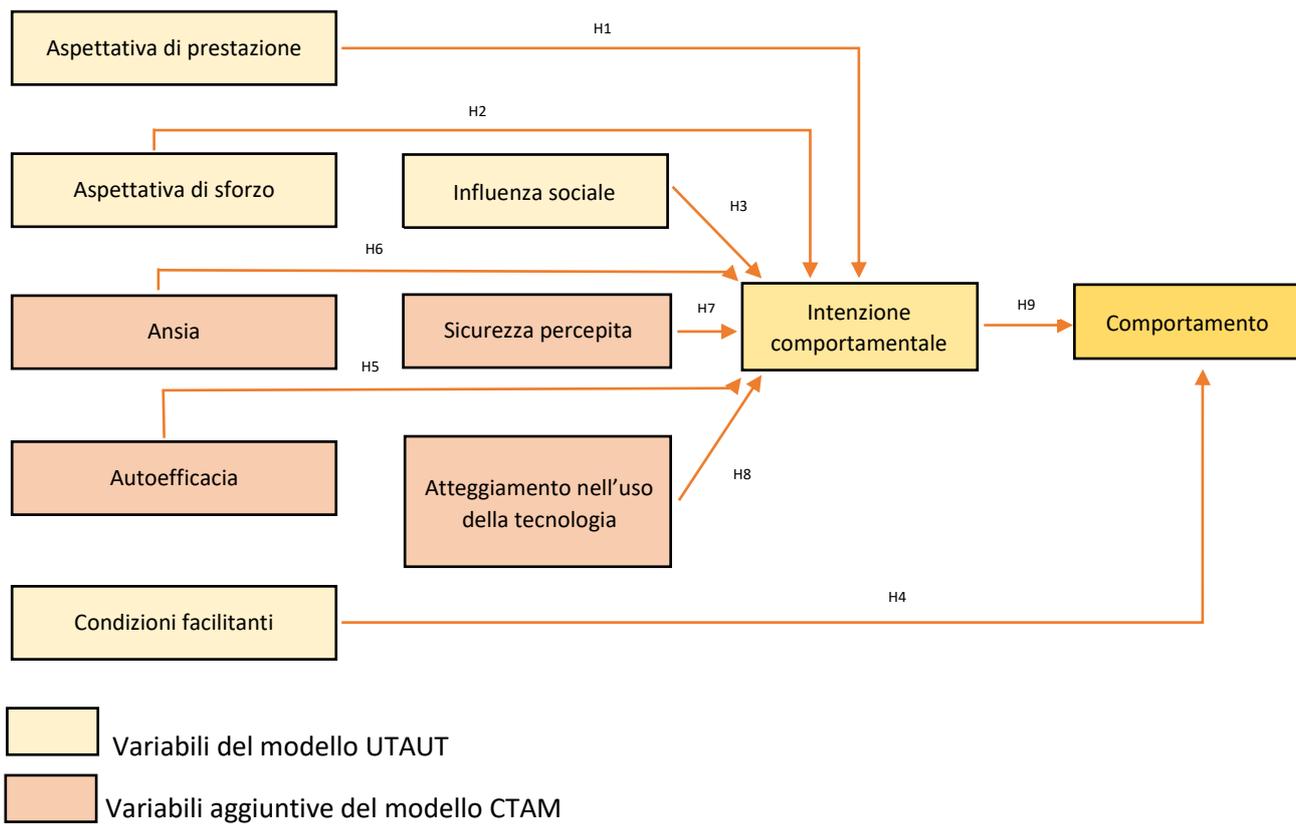


Figura 30: Car Technology Acceptance Model

RISULTATI

Di seguito sono riportati i risultati ottenuti tramite il software SPSS (Statistical Package for Social Science) sul campione oggetto di studio.

Nella prima parte del capitolo sono rappresentati i risultati dell'analisi statistica descrittiva divisi in:

- analisi delle caratteristiche socioeconomiche degli intervistati;
- abitudini, comportamenti e conoscenze degli intervistati rispetto i VGA;
- correlazione tra le variabili socioeconomiche e le percezioni degli utenti.

Successivamente è stata effettuata l'analisi fattoriale esplorativa relativa al territorio italiano, permettendo una chiara identificazione di cinque fattori latenti che sono alla base dell'adozione dei VGA.

È stata eseguita un'ulteriore analisi esplorativa (di secondo ordine) permettendo di inglobare in un unico costrutto alcuni fattori con caratteristiche simili per definire con una maggiore chiarezza le politiche da eseguire per l'inserimento di tali veicoli nel mercato odierno.

Infine, i risultati della prima analisi fattoriale esplorativa sono stati utilizzati in un'analisi a gruppi (*cluster analysis*) permettendo di definire quattro tipologie di profili degli utenti ed evidenziando l'importanza di alcune variabili attitudinali per la seguente segmentazione.

4.1 Analisi statistica descrittiva

In primo luogo, si riporta la distribuzione del campione in termini di sesso, età ed occupazione. Sulle 843 osservazioni valide (Figura 31), in cui è presente un dato mancante, la maggioranza degli intervistati è risultato essere di sesso maschile con il 68,5% rispetto al 30,7% rappresentato dal sesso femminile. Infine, lo 0,8% non riconoscendosi in nessuna delle due precedenti, si è identificato in "Altro".

Analizzando i 711 intervistati utilizzati per l'EFA (Figura 31), si nota come le proporzioni restano pressoché invariate: 31,2 % rappresentato dal sesso femminile rispetto il 68,1 % rappresentato da quello maschile. È poi presente ancora una piccola percentuale dello 0,7% che fa parte della categoria "Altro".

		Frequenza	Percentuale	Percentuale valida	Percentuale cumulativa
Valido	Femmina	258	30,6	30,6	30,6
	Maschio	577	68,4	68,5	99,2
	Altro	7	,8	,8	100,0
Totale		842	99,9	100,0	
Mancante	Sistema	1	,1		
Totale		843	100,0		

		Frequenza	Percentuale	Percentuale valida	Percentuale cumulativa
Valido	Femmina	222	31,2	31,2	31,2
	Maschio	484	68,1	68,1	99,3
	Altro	5	,7	,7	100,0
Totale		711	100,0	100,0	

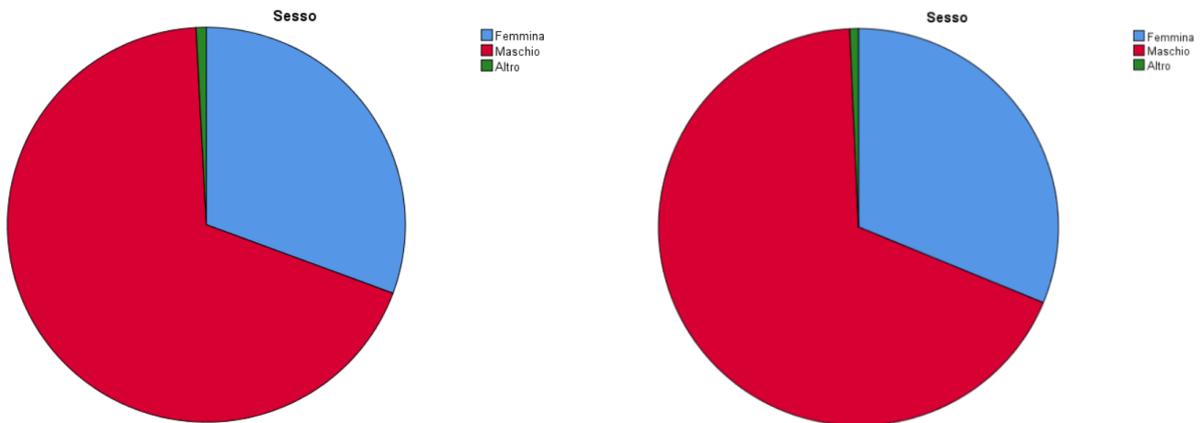


Figura 31: Distribuzione degli intervistati in base al genere – registrazioni ricevute ed analizzate

Per quanto riguarda la composizione del campione in termini di età, sono state create quattro classi aggregate per permettere un migliore confronto tra le registrazioni ricevute e quelle analizzate:

- persone con meno di 30 anni;
- persone tra 30 e 50 anni;
- persone tra 50 e 70 anni;
- persone con più di 70 anni.

La suddivisione è stata fatta considerando comportamenti ed abitudini simili tra gli utenti appartenenti a ciascuna classe.

Si nota come, sia considerando le registrazioni ricevute che quelle analizzate, la proporzione rimane molto simile con una grande maggioranza (più del 50%) di giovani con età inferiore ai 30 anni come riportato in Figura 32 e Figura 33.

Il questionario è stato prevalentemente assegnato a studenti e lavoratori in università, lavoratori nelle compagnie pubbliche e private di trasporto, associazioni ma anche disoccupati e pensionati.

Come mostrato in Tabella 3 e Tabella 4 in cui sono riportate le frequenze e le percentuali per ogni tipo di occupazione, la maggior parte degli intervistati, sia tra i dati ricevuti che analizzati, sono studenti (48,0% e 50,2%) seguiti poi da impiegati (17,7% e 18,0%) e insegnanti o professori (11,4% e 9,3%).

		Frequenza	Percentuale	Percentuale valida	Percentuale cumulativa
Valido	Persone con meno di 30 anni	490	58,1	58,4	58,4
	Persone tra 30 e 50 anni	235	27,9	28,0	86,4
	Persone tra 30 e 70 anni	104	12,3	12,4	98,8
	Persone con più di 70 anni	10	1,2	1,2	100,0
	Totale	839	99,5	100,0	
Mancante	Sistema	4	,5		
Totale		843	100,0		

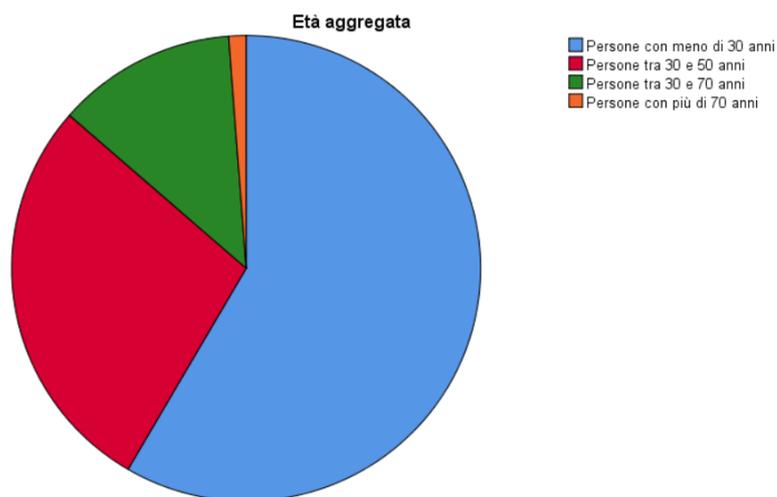


Figura 32: Distribuzione in termini di età – registrazioni ricevute

		Frequenza	Percentuale	Percentuale valida	Percentuale cumulativa
Valido	Persone con meno di 30 anni	426	59,9	60,1	60,1
	Persone tra 30 e 50 anni	186	26,2	26,2	86,3
	Persone tra 50 e 70 anni	87	12,2	12,3	98,6
	Persone con più di 70 anni	10	1,4	1,4	100,0
	Totale	709	99,7	100,0	
Mancante	Sistema	2	,3		
Totale		711	100,0		

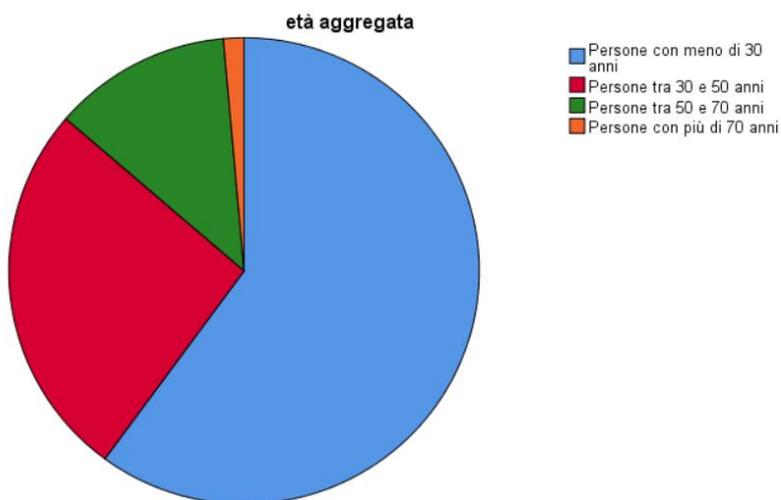


Figura 33: Distribuzione in termini di età – registrazioni analizzate

Tabella 3: Distribuzione dell'occupazione – registrazioni ricevute

Occupazione	Frequenza delle risposte registrate	Percentuale delle risposte registrate (%)
Studente	405	48,0
Operaio	10	1,2
Impiegato	149	17,7
Quadro intermedio	27	3,2
Funzionario pubblico	39	4,6
Quadro di livello superiore	22	2,6
Insegnante o Professore	96	11,4
Libero professionista	31	3,7
Pensionato	5	0,6
Disoccupato alla ricerca di un impiego	4	0,5
Ricercatore o Dottorando	43	5,1
Tirocinante/stagista	2	0,2
Studente e lavoratore	8	0,9
Dati mancanti	2	0,2
Totale	843	100,0

Tabella 4: Distribuzione dell'occupazione - registrazioni analizzate

Occupazione	Frequenza delle risposte analizzate	Percentuale delle risposte analizzate (%)
Studente	357	50,2
Operaio	7	1,0
Impiegato	128	18,0
Quadro intermedio	22	3,1
Funzionario pubblico	32	4,5
Quadro di livello superiore	19	2,7
Insegnante o Professore	66	9,3
Libero professionista	25	3,5
Pensionato	5	0,7
Disoccupato alla ricerca di un impiego	4	0,6
Ricercatore o Dottorando	35	4,9
Tirocinante/stagista	2	0,3
Studente e lavoratore	8	1,1
Dati mancanti	1	0,1
Totale	711	100,0

Nell'appendice A1, inoltre, è riportato il livello di istruzione (Tabella 32) che vede prevalere gli intervistati in possesso di laurea di secondo livello (34,4%).

Si vuole ora analizzare il campione in termini trasportistici ovvero in relazione ai giudizi, alle intenzioni ed ai comportamenti degli utenti nei riguardi della mobilità.

Volendo focalizzare l'attenzione sulle scelte degli utenti in questo contesto, risulta rilevante capire l'importanza di alcune variabili socioeconomiche come la composizione del nucleo familiare ed il numero di veicoli per famiglia, che risultano inoltre essere fortemente correlati con il reddito mensile (Tabella 35) e con le scelte di trasporto effettuate.

Per quanto riguarda la tipologia di veicoli privati posseduti dal nucleo familiare dell'utente è emerso che essi possiedono principalmente auto e biciclette con una percentuale del 42,9% (Tabella 34 in appendice A1).

Dalla legenda riportata in Allegato, gli intervistati presentano una composizione familiare di massimo otto persone. La Tabella 33 (Appendice A1) evidenzia come predominano i nuclei familiare formati fino ad un massimo di quattro persone che rappresenta anche il caso di maggiore frequenza (36,3%).

Per comprendere meglio chi potrebbe usufruire dei veicoli a guida autonoma si considerano le persone invalide in quanto, probabilmente, i VGA permetterebbero a questa categoria di muoversi con più facilità. In particolare, nel caso in questione, nella Tabella 5 è evidenziato che ventotto intervistati hanno dichiarato di avere in famiglia una persona con disabilità.

Nell'ottica di favorire l'accettazione dei veicoli a guida autonoma in concomitanza con le necessità degli utenti, la composizione del nucleo familiare acquista maggiore importanza se confrontata con il numero di bambini di età inferiore ad undici anni, la quale rappresenta la minima età in Italia per poter prendere i mezzi di trasporto pubblico autonomamente.

È chiaro come i VGA possano diventare di vero e proprio aiuto alle famiglie molto numerose in quanto permetterebbero ai genitori di svolgere alcune attività come l'accompagnare/andare a prendere i propri figli senza bisogno della loro costante presenza. Comunque, si nota che la grande maggioranza dei rispondenti (in totale l'87,6%) vivono in famiglie più o meno numerose ma senza la presenza di bambini con età inferiore agli undici anni. (Tabella 6).

Tabella 5: Numero di persone con disabilità nel nucleo familiare

Numero di persone con disabilità nel nucleo familiare	Frequenza	Percentuale (%)	Percentuale valida (%)	Percentuale cumulativa (%)
0	677	95,3	95,9	95,9
1	28	3,9	4,0	99,9
2	1	,1	,1	100,0
Totale	706	99,3	100,0	
Dati mancanti	5	,7		
Totale	711	100,0		

Tabella 6: Aggregazione del nucleo familiare in base al numero di bambini con meno di 11 anni

Aggregazione del nucleo familiare	Frequenza	Percentuale	Percentuale valida (%)	Percentuale cumulativa (%)
Una persona	72	10,1	10,2	10,2
Due persone e nessun bambino con meno di 11 anni	121	17,0	17,1	27,3
Due persone tra cui un bambino con meno di 11 anni	1	,1	,1	27,5
Tre persone e nessun bambino con meno di 11 anni	137	19,3	19,4	46,9
Tre persone tra cui un bambino con meno di 11 anni	31	4,4	4,4	51,3
Tre persone tra cui due bambini con meno di 11 anni	4	,6	,6	51,8
Quattro o più persone e nessun bambino con meno di 11 anni	293	41,2	41,5	93,3
Quattro o più persone tra cui un bambino con meno di 11 anni	16	2,2	2,3	95,6
Quattro o più persone tra cui due o più bambini con meno di 11 anni	31	4,4	4,4	100,0
Totale	706	99,3	100,0	
Dati mancanti	5	,7		
Totale	711	100,0		

Inoltre, quasi tutti gli intervistati (più del 95%) possiedono almeno una patente di guida. Spesso, analizzando il database, il numero di veicoli posseduti dal nucleo familiare è risultato inferiore rispetto ai membri della famiglia che ne necessiterebbero e, di conseguenza, alcuni di essi dovranno scegliere mezzi di trasporto alternativi. La Tabella 7 riporta come quasi la metà degli intervistati (40,4%) abbia dichiarato di possedere due auto nel proprio nucleo familiare.

Tabella 7: Numero di veicoli per nucleo familiare

Numero veicoli per nucleo familiare	Frequenza	Percentuale	Percentuale valida (%)	Percentuale cumulativa (%)
0	49	6,9	6,9	6,9
1	196	27,6	27,7	34,7
2	287	40,4	40,6	75,2
3	127	17,9	18,0	93,2
4	40	5,6	5,7	98,9
5	5	,7	,7	99,6
6	3	,4	,4	100,0
Totale	707	99,5	100,0	
Dati mancanti	4	,5		
Totale	711	100,0		

4.1.1 Abitudini di mobilità, conoscenza e preferenze rispetto i VGA

Considerando le abitudini nei riguardi della mobilità, un aspetto importante da tenere in considerazione e che potrà favorire l'introduzione dei VGA è la definizione dello spostamento più significativo nella "settimana tipo" oltre che l'indicazione dei modi di trasporto utilizzati per compierlo.

Gli spostamenti più frequenti effettuati dagli utenti, come mostrato in Figura 34 e descritto in Tabella 40, risultano quelli casa-lavoro (45,9%) e casa-scuola/università (41,2%).

Per questi due scopi sono poi stati analizzati i mezzi di trasporto usati (Tabella 36, Tabella 37, Tabella 38 e Tabella 39) ed è emerso che per gli spostamenti casa-lavoro predomina una scelta unimodale con l'uso dei veicoli privati mentre per quelli casa-scuola/università, prevalentemente multimodali, è utilizzata la combinazione del trasporto pubblico (treno regionale o alta velocità, metro, tram, bus urbano o extra-urbano) con i modi di trasporto "dolci" (bicicletta, scooter sharing, bike sharing o semplicemente il camminare a piedi).

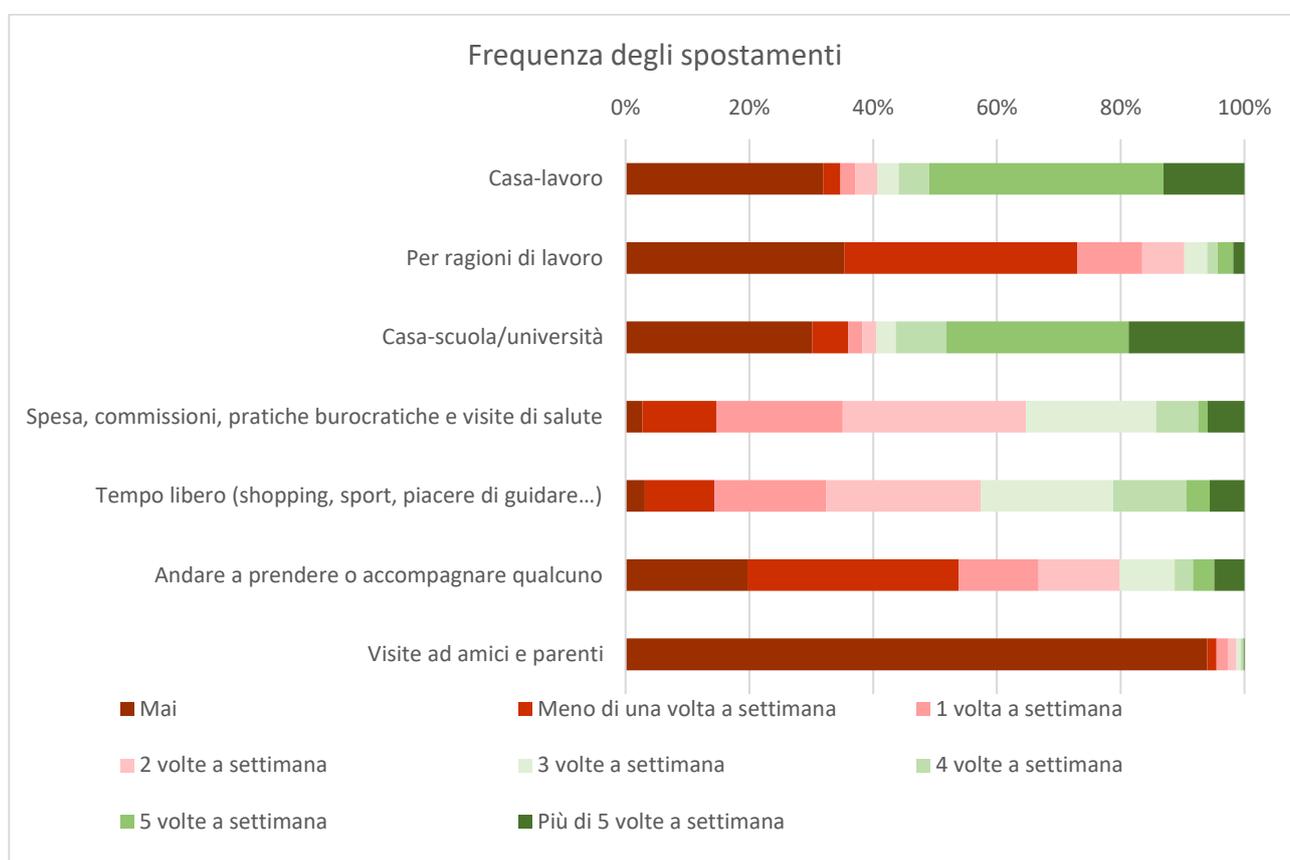


Figura 34: Spostamenti nella settimana "tipo"

Gli utenti, come mostrato in Figura 35, appaiono soddisfatti in merito alle proprie abitudini di trasporto in termini di sicurezza, tempo speso e costo di viaggio, comodità e flessibilità.

Questo diventa un punto cruciale nella futura accettazione dei VGA in quanto emerge l'esitazione degli utenti nei riguardi della nuova tecnologia e l'importanza di mantenere come obiettivo primario la sicurezza dei passeggeri e del conducente. Risulta rilevante, in particolar modo, la preoccupazione degli utenti rispetto il rischio di incidenti.

Anche il costo e la facilità d'uso rappresentano comunque due variabili fondamentali da tenere in considerazione. In particolare, la facilità d'uso è di grande interesse in quanto esprimerebbe una maggiore accessibilità a più gruppi di persone con età diverse (Figura 36).

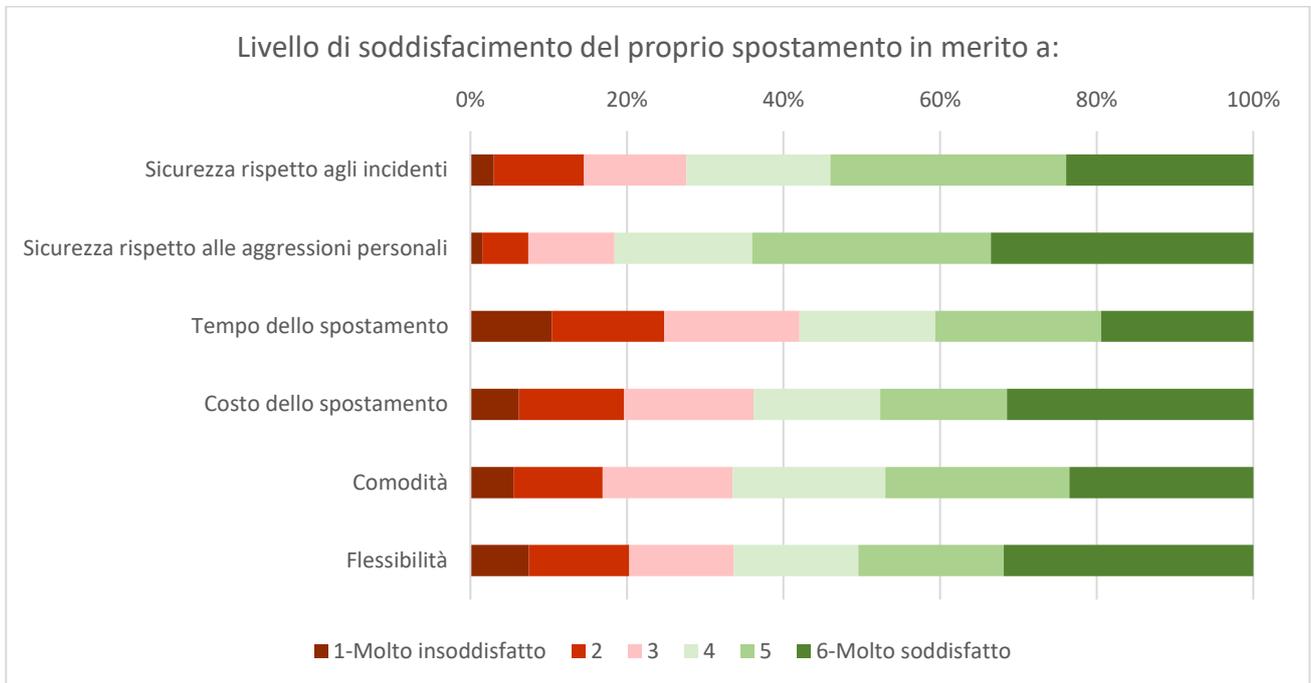


Figura 35: Livello di soddisfazione degli utenti per i loro spostamenti

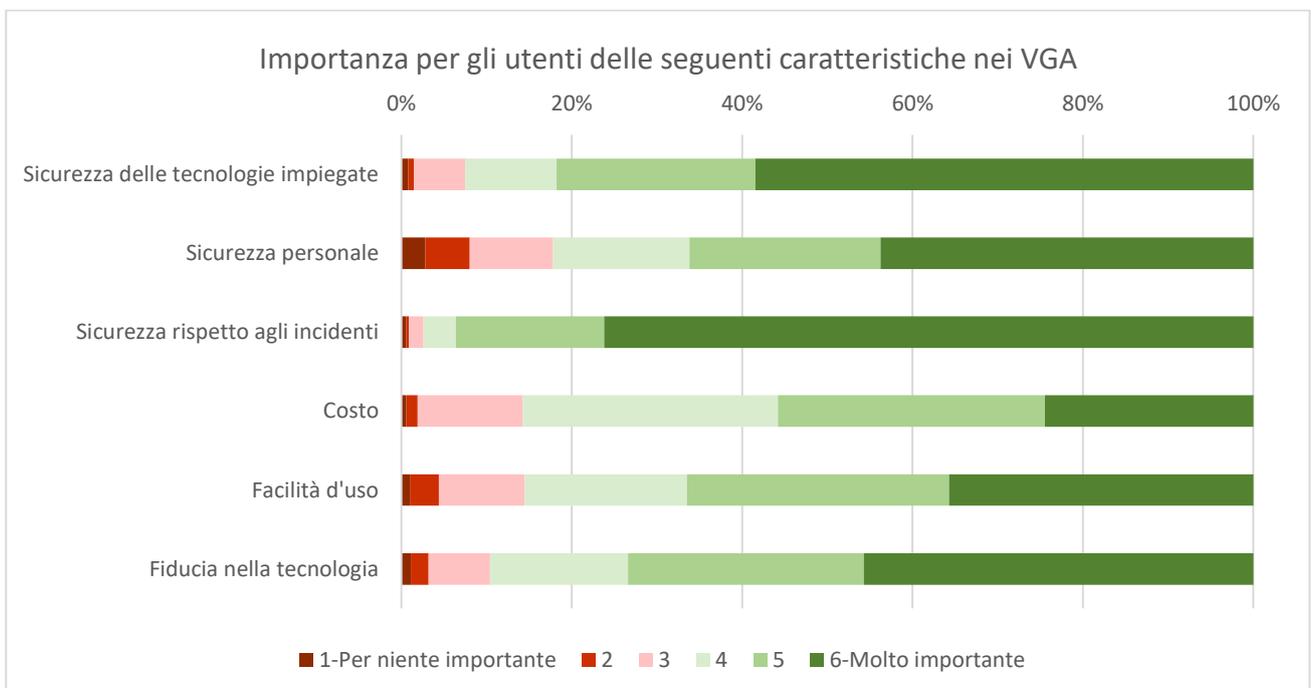


Figura 36: Caratteristiche essenziali nei VGA per gli utenti

I giudizi e le abitudini degli utenti sono in parte influenzati dalla personale esperienza nei confronti della guida automatica. Infatti, dopo che le caratteristiche avanzate dei VGA sono state divise in base alle prime tre categorie (ovvero quelle già in commercio o in fase di sperimentazione) della classificazione SAE, dalla Tabella 8 emerge come la grande maggioranza degli intervistati (78,3%) non abbia mai usato una tecnologia di automazione e come solo il 15,9 % abbia usufruito di tecnologie appartenenti ai tre livelli di automazione.

Tabella 8: Suddivisione in base alle caratteristiche SAE

Caratteristiche avanzate SAE	Frequenza	Percentuale (%)
Nessuno	557	78,3
Livello 1	10	1,4
Livello 1 e Livello 2	17	2,4
Livello 1 e Livello 3	14	2,0
Livello 1, Livello 2, Livello 3	113	15,9
Totale	711	100,0

Per una migliore comprensione delle attitudini dei rispondenti sono state analizzate le preferenze personali riguardo, per esempio, il vivere lontano dal luogo di lavoro nel caso in cui fossero disponibili VGA rapidi ed economici.

Dall'analisi è emersa una difficile propensione rispetto questo tema, nonostante la presenza di VGA efficienti (Figura 37). Infatti, il 31,2% di intervistati ha dichiarato di non essere per nulla d'accordo nel vivere in centro città ma lontano dal luogo di lavoro ed il 30,4% nel vivere fuori città ma lontano dalla propria sede lavorativa.

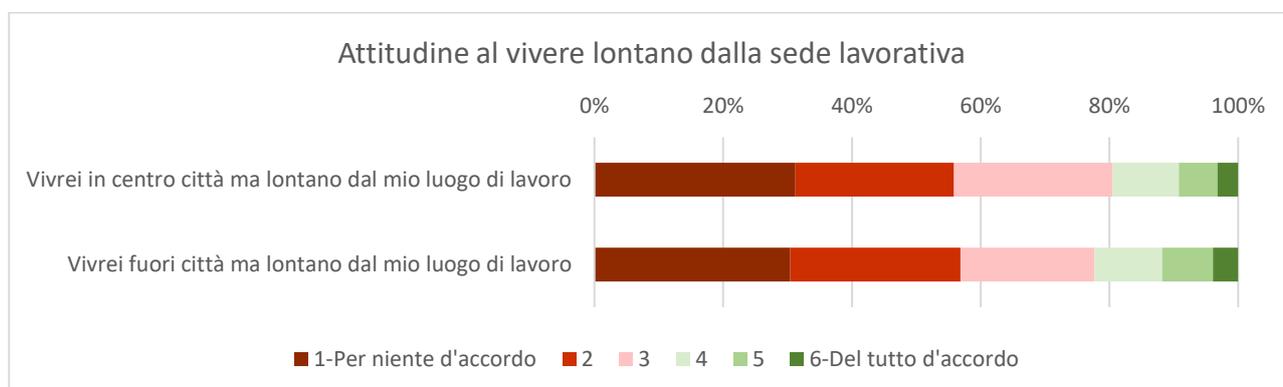


Figura 37: Propensione a vivere lontano dal luogo di lavoro

Inoltre, come emerge dalla Figura 38, gli intervistati hanno dichiarato di non acconsentire di far viaggiare i propri figli con meno di 11 anni all'interno di un VGA senza sorveglianza prefigurando una preoccupazione nella mancanza di controllo nei VGA.

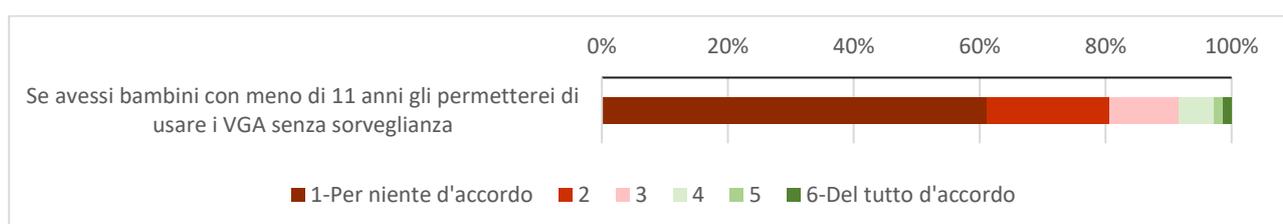


Figura 38: Opinioni rispetto l'utilizzo dei VGA in presenza di bambini con meno di 11 anni

Agli intervistati è stato infatti chiesto di esprimere la propria opinione riguardo alcune situazioni riscontrabili nell'utilizzo dei VGA. Le loro risposte sono mostrate in Figura 39 dalle quali emergono le perplessità degli utenti rispetto all'affidabilità della nuova tecnologia che suppongono si possa comportare in maniera inaspettata in particolari situazioni.

La maggior parte dichiara che presterebbe attenzione alla guida in modo da assumere immediatamente i comandi del veicolo se necessario.

Gli intervistati ammettono, comunque, come gli spostamenti potrebbero diventare più semplici e come il tempo risparmiato dalla guida potrebbe essere usato per altre attività personali rendendo le persone più proficue.

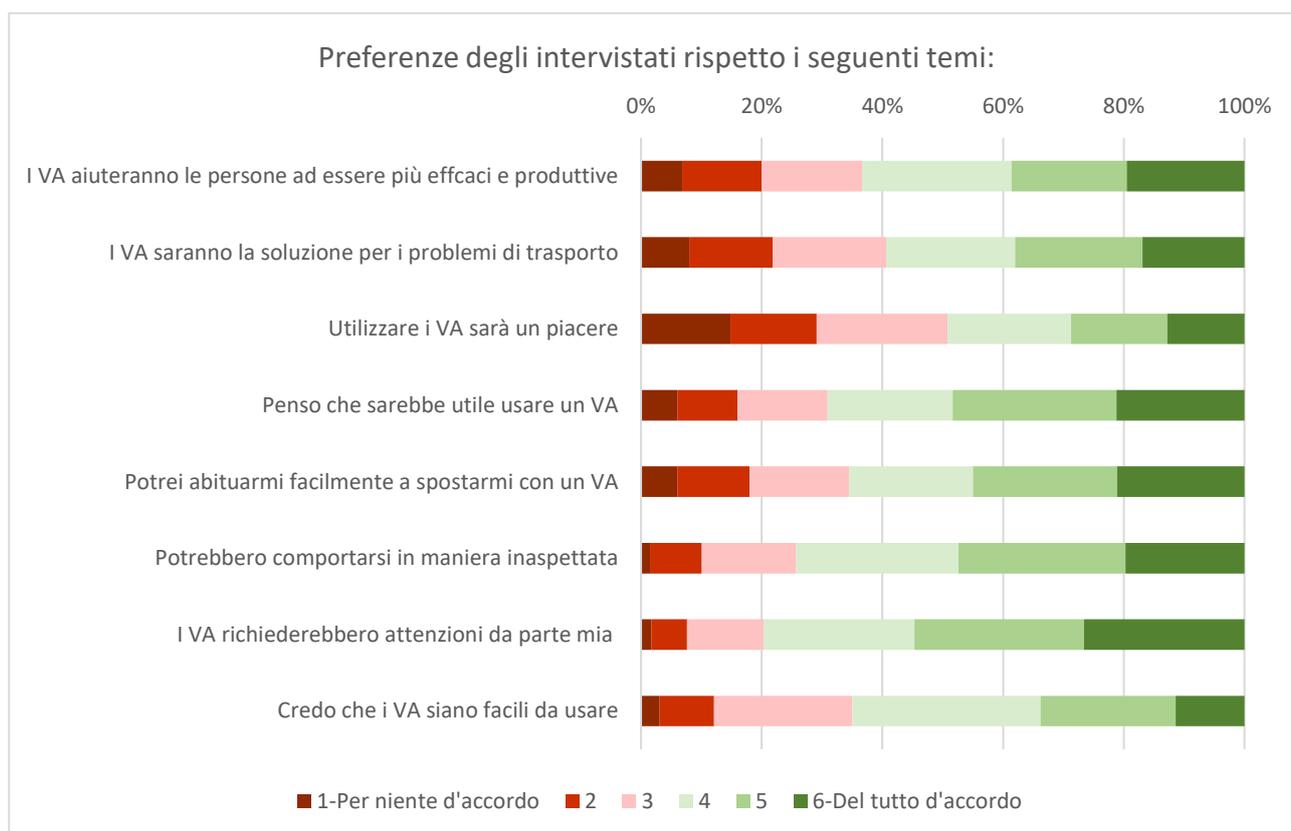


Figura 39: Opinioni personali degli utenti in merito a particolari temi

Si analizzano poi le risposte degli utenti nei confronti delle problematiche ambientali (Figura 40). Gli intervistati sembrano ben consapevoli sia delle proprie responsabilità nei confronti dell'ambiente che del ruolo che avrebbero i VGA sulla riduzione della congestione stradale e sulla riduzione del consumo energetico.

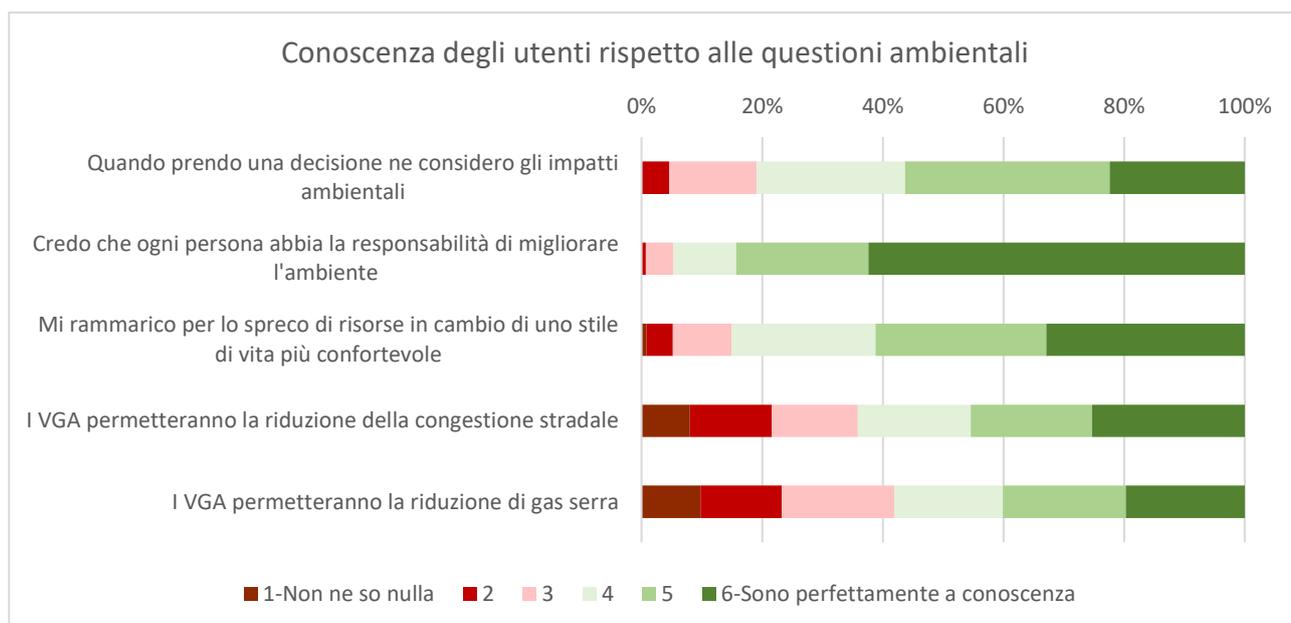


Figura 40: Problematiche ambientali

Infine, si vuole evidenziare la disponibilità degli intervistati a pagare per l'acquisto di un veicolo totalmente autonomo in relazione al valore economico attuale dell'auto posseduta. Nonostante le opinioni e i giudizi positivi emersi nell'indagine e la presenza di molti dati mancanti all'interno della suddetta variabile, si evidenzia dalla Tabella 9 una bassa predisposizione a pagare per la nuova tecnologia dichiarando prevalentemente di voler spendere fino ad un massimo di 5000 euro (30,9%).

Tabella 9: Disponibilità a pagare

Disponibilità a pagare	Frequenza	Percentuale (%)	Percentuale valida (%)	Percentuale cumulativa (%)
0-900 euro	99	13,9	23,5	23,5
901-5000 euro	121	17,0	28,7	52,1
5001-8000 euro	62	8,7	14,7	66,8
8001-12000 euro	41	5,8	9,7	76,5
12001-20000 euro	48	6,8	11,4	87,9
20001-37000 euro	40	5,6	9,5	97,4
37001-50000 euro	9	1,3	2,1	99,5
Più di 50000 euro	2	,3	,5	100,0
Totale	422	59,4	100,0	
Dati mancanti	289	40,6		
Totale	711	100,0		

4.1.2 Correlazioni tra le variabili socioeconomiche e la percezione rispetto i VGA

La Tabella 10 mostra i risultati dell'analisi di correlazione di Spearman, con i coefficienti relativi alla relazione tra le variabili socioeconomiche del campione e le attitudini degli intervistati riguardo l'utilizzo dei veicoli a guida autonoma.

Nello specifico viene usato l'indice di correlazione di Spearman in quanto rappresenta uno strumento fondamentale per misurare il grado di relazione tra due variabili ordinabili (intervalli o ranghi) senza la necessità che siano distribuite normalmente.

Tabella 10: Correlazione di Spearman

	Potrei abituarmi a spostarmi con un VA	A bambini con meno di 11 anni permetterei di usare i VA senza sorveglianza	Preferirei che un conducente umano potesse prendere il controllo se necessario	Nei VA dovrei riprendere il controllo se necessario	Sarei preoccupato in caso condividessi il VA (trasporto privato) con estranei in presenza di videocamere	Sarei preoccupato in caso condividessi il VA (trasporto pubblico) con estranei in presenza di videocamere
Età	,004	-,008	,014	-,013	,092*	,089*
Sesso	,117**	,167**	-,113**	-,100**	-,072	-,069
Educazione	,026	-,034	-,039	-,001	,036	,007
Composizione nucleo familiare	,064	,034	,035	-,022	-0,39	-,033
Numero di disabili nel nucleo familiare	,020	-,009	,076*	-,054	-,022	,004
Livello di conoscenza dei VA	,168**	,159**	-,128**	-,104**	,011	,034

** La correlazione è significativa a livello 0,01 - * La correlazione è significativa a livello 0,05

In primo luogo, si evince un chiaro effetto dell'età rispetto la preoccupazione di condividere i mezzi di trasporto pubblico e privato con estranei, anche se in presenza di telecamere. Infatti, questa preoccupazione diventa più evidente all'aumentare dell'età in quanto si assiste ad un allungamento dei tempi di percezione-reazione della persona in situazioni inaspettate.

I rispondenti di sesso maschile risultano più propensi all'abituarsi facilmente ai VGA oltre che a consentire con maggiore facilità a bambini di età inferiore agli 11 anni di spostarsi tramite essi anche senza sorveglianza. Inoltre, appaiono anche più disponibili a viaggiare senza un conducente vero e proprio.

Rispetto alla preoccupazione della sicurezza personale, osservando il segno negativo dei coefficienti si evince che, nonostante non ci sia un livello di significatività accettabile, le donne siano comunque meno indifferenti alla condivisione di un mezzo di trasporto con persone sconosciute.

Se il numero di membri familiari risulta poco correlato rispetto alle variabili prese in considerazione senza evidenziare un livello di significatività rilevante, per le persone con invalidità emerge l'esigenza di avere la presenza di una persona all'interno del veicolo che possa riprenderne il controllo in situazioni di mal funzionamento.

Infine, dall'analisi si desume come il livello di conoscenza rispetto la nuova tecnologia sia fondamentale per permetterne l'accettazione.

Risulta, infatti, come gli utenti che hanno sperimentato più funzionalità nella guida dei veicoli automatici risultino maggiormente consenzienti a permettere sia i loro spostamenti che quelli dei bambini con meno di undici anni all'interno dei VGA.

Risultano invece contrari alla necessità di dover prendere i comandi del veicolo se necessario o di affidare la guida ad un'altra persona evidenziando una grande fiducia nella tecnologia.

4.2 Analisi Fattoriale Esplorativa

L'analisi è stata effettuata considerando i 647 rispondenti italiani e inizialmente le 96 variabili ordinali e quantitative presenti nel database. Sono infatti state eliminate le variabili categoriche in quanto non utilizzabili per la definizione della matrice di correlazione.

Il rapporto tra variabili ed osservazioni è inizialmente pari a 1:7, ben sopra il minimo di 1:5, e la matrice di correlazione associa le variabili attraverso la *correlazione di Pearson*.

Volendo analizzare solo la varianza comune tra le variabili, è stata applicata la *fattorizzazione dell'asse principale* usando in primo luogo, per una visione generale, il metodo di estrazione basato sull'autovalore maggiore di uno, dal quale è risultato un numero di fattori estratti pari a 28 che spiegano il 56,140 % della varianza.

La fattorizzazione dell'asse principale, inoltre, è il metodo di estrazione più adatto quando i dati non sono distribuiti normalmente in quanto non presuppone assunzioni di questo tipo.

Per rendere l'analisi più accurata, sono state eliminate le variabili relative alle caratteristiche socioeconomiche e alla disponibilità a pagare in quanto sono state considerate di poco interesse per lo studio in questione.

Esse, infatti, non rappresentano dei fattori latenti veri e propri essendo sono state propriamente esplicitate nella fase di progettazione iniziale del questionario. Le variabili sono state ridotte a 87.

In linea generale le correlazioni tra le variabili appaiono forti sin dall'inizio: il test di sfericità di Barlett risulta uguale a 0,000 indicando che sufficienti correlazioni esistono per procedere con l'analisi, e la misura di adeguatezza del campionamento è pari a 0,785 a rappresentare un buon rapporto tra variabili ed osservazioni.

Comunque, come riportato in Allegato, ogni singola variabile della matrice di correlazione non possiede sufficienti correlazioni robuste. Infatti, secondo il principio di Tabanick e Fidell, ogni variabile per risultare significativa all'interno dell'analisi deve possedere per lo più correlazioni maggiori di 0,30 altrimenti può essere considerata irrilevante.

Per questo, dalla valutazione delle *comunalità iniziali* che rappresenta il totale di varianza che una variabile condivide con tutte le altre, sono stati eliminati i valori minori di 0,35 in quanto risulterebbero poco significativi.

Il procedimento è stato iterato fino a quando tutte le comunalità iniziali delle variabili restanti sono risultati maggiori del minimo sopra descritto, permettendo il proseguimento dell'analisi. Le variabili sono state ridotte a 51.

Si decide, inoltre, di eliminare le due variabili quantitative riferite alla distanza ed al tempo impiegato per lo spostamento settimanale più significativo, in modo da avere le sole variabili ordinali espresse tramite scala Likert all'interno dell'analisi.

Sulla base di questi risultati e per mezzo dello studio grafico dello scree-plot riportato in Figura 41, sono stati individuati sei fattori latenti che comunque sono in grado di spiegare solo il 44,761 % della varianza.

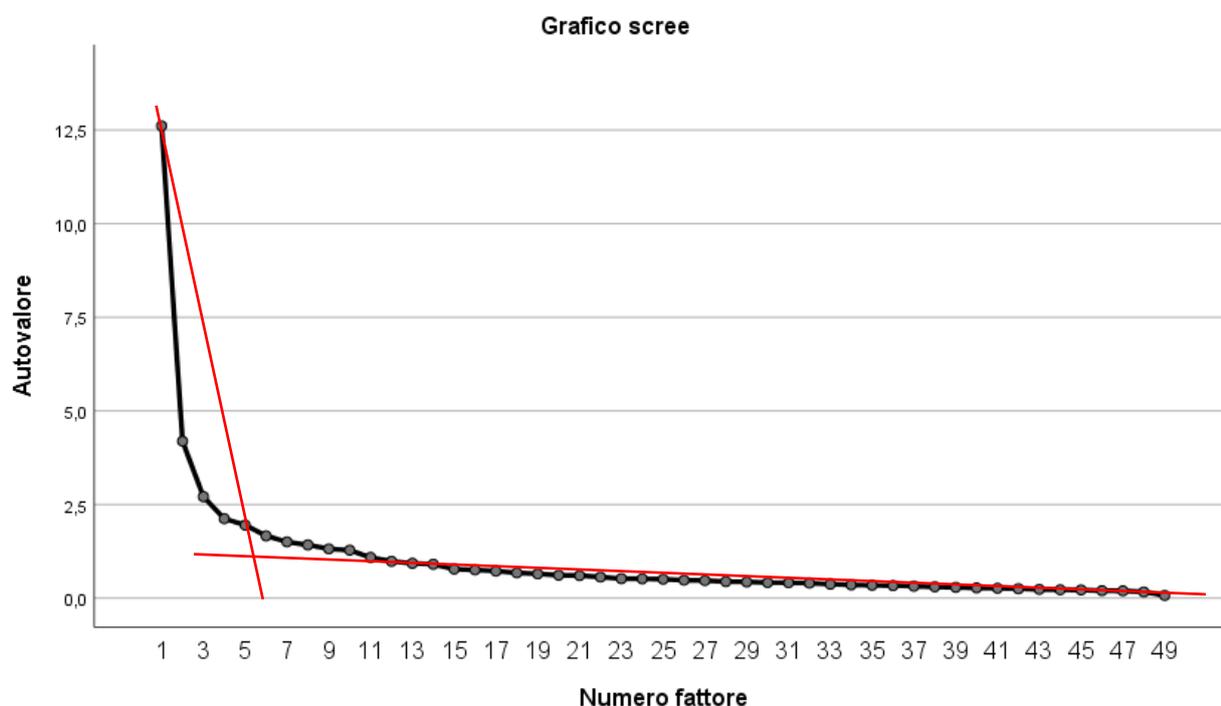


Figura 41: Scree-plot

Sono state poi prese in considerazione le *comunalità estratte* eliminando, alla prima iterazione, le variabili che presentavano un valore minore di 0,25.

Per le successive iterazioni si è optato per eliminare le variabili con valori di comunalità inferiori a 0,30 identificando un totale di 35 variabili (Tabella 41) per le quali, con la solita estrazione a sei fattori, la varianza spiegata risulta uguale a 55,492 %. I risultati finora analizzati sono presenti in Allegato.

La matrice contenente i pesi di ciascuna variabile nella formazione dei fattori è stata poi ruotata affinché i risultati appaiano maggiormente interpretabili.

Supponendo che i fattori estratti non siano indipendenti tra di loro, si decide di adottare una rotazione obliqua PROMAX e di eclissare i pesi fattoriali minori di $\pm 0,40$ all'interno della matrice del modello.

Con 35 variabili si è ottenuto un risultato in parte soddisfacente. Per renderlo ancora più efficiente dal punto di vista della varianza estratta, che deve risultare circa pari al 60 %, sono state aggiunte in modo iterativo

variabili precedentemente scartate e, nel caso in cui queste presentavano una comunaltà estratta maggiore di 0,30 sono state riconsiderate nell'analisi.

Le variabili che sono state reimmesse nel modello per un'ulteriore valutazione sono state:

- TRUSTECH, il livello di fiducia nella tecnologia;
- EASYUSE, la facilità d'uso;
- UNDER11, la disponibilità a far usare a bambini con meno di 11 anni i VGA senza sorveglianza;
- OBS_BHVR, l'attitudine ad osservare il comportamento del veicolo;

Si è osservato comunque come queste variabili, in particolare quelle riguardanti la facilità di utilizzo ed il livello di fiducia nella tecnologia, vadano a peggiorare il modello.

Un'ulteriore soluzione ha riguardato l'eliminazione dalla matrice modello delle variabili che avevano minore correlazione delle altre per la definizione del fattore o, quelle che, in generale, presentavano un minore peso sempre nella costruzione dei fattori.

Per questo, sono state rimosse le seguenti variabili:

- PLEASURE: utilizzare un VA sarà un piacere;
- HLPEOPLE: i VA aiuteranno le persone ad essere più efficaci e produttive;
- REALTRFF: le piacerebbe vivere in una città in cui i VA vengono testati in condizioni reali di traffico;
- HIREAV: noleggerai un VA fornito da una persona, da un'azienda o da un fornitore di servizio;
- POSPRIV: ritengo sia positivo usare i VA nel trasporto privato;
- POSPUB: ritengo sia positivo usare i VA nel trasporto pubblico.

In questa situazione il coefficiente di sfericità di Barlett risulta sempre pari a 0,000, la misura di adeguatezza campionaria aumenta fino a 0,893 (Tabella 11) ed il totale di varianza spiegata è uguale al 58,378%.

Tabella 11: Test di KMO e di Barlett a sei fattori

Misura di Kaiser-Meyer-Olkin di adeguatezza del campionamento.		,893
Test della sfericità di Bartlett	Appross. Chi-quadrato	10941,307
	gl	406
	Sign.	,000

La bontà dell'estrazione dei sei fattori (Tabella 12) è evidente anche nello scree-plot finale mostrato in Figura 42 e le comunaltà sono indicate in Tabella 42.

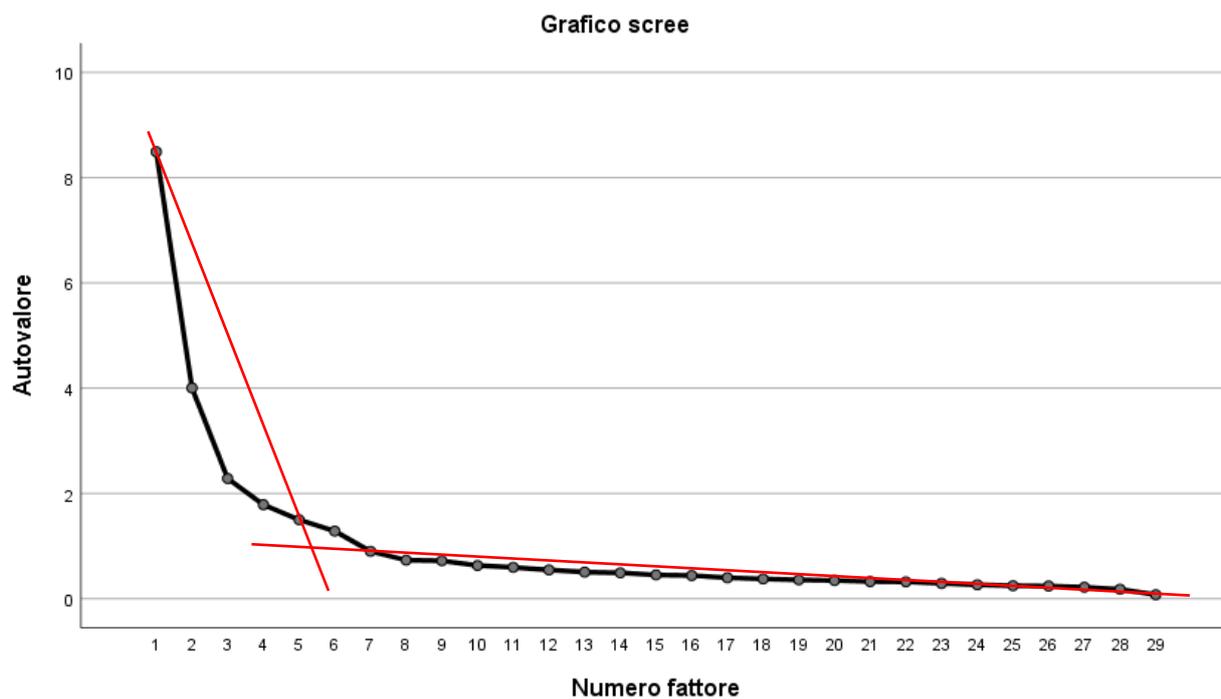


Figura 42: Scree-plot sulle 29 variabili

Tabella 12: Matrice del modello a sei fattori

Matrice del modello ^a

	Fattore					
	1	2	3	4	5	6
CONGEST	,877					
TRVLTIME	,848					
COST	,838					
EMISSION	,812					
MOBNEED	,690					
TRANSSLT	,653					
SAFEROAD	,607					
STRESS	,577					
ACCIDENT	,573					
CMFMPTRP		,832				
MODMPTRP		,813				
FLXMPTRP		,800				
TMEMPTRP		,796				
RELMPTRP		,777				
CSTMPTRP		,628				
OWNER			,879			
NEXTVEH			,803			
FIRSTUSE			,747			
HABIT			,598			
UTILITY			,578			

	Fattore					
	1	2	3	4	5	6
SHAREAV				,950		
RECAV				,616		
OWNSH				,568		
MONITOR					,959	
WITHDRIV					,546	
UNXEVENT					,539	
WASTERES						,736
IMPRENV						,689
IMPCTENV						,684

Metodo di estrazione: Fattorizzazione dell'asse principale.

Metodo di rotazione: Promax con normalizzazione Kaiser. ^a

a. Convergenza per la rotazione eseguita in 6 iterazioni.

Dall'estrazione a sei fattori si evidenzia, in particolare, la formazione dell'ultimo costrutto latente riferito alle questioni ambientali.

Le variabili (Tabella 13) indagano la consapevolezza e la responsabilità degli utenti nella necessità di creare una società a favore dell'ambiente, e quindi eco-sostenibile, per contribuire alla salvaguardia del Pianeta.

Le variabili inglobate sono l'espressione delle norme personali ed è evidente dalla letteratura come siano poco rappresentative nell'ambito dei trasporti, in quanto non riescono in modo decisivo ad influenzare un comportamento di mobilità.

Inoltre, a causa della loro formulazione, le tre domande relative all'impatto ecologico presenti nel questionario evidenziano una conoscenza degli utenti molto generale in relazione ad un comportamento pro-ambientale, che non tiene conto di considerazioni specifiche sugli effetti che l'introduzione dei VGA può comportare all'ambiente circostante.

Tabella 13: Variabili riferite alle questioni ambientali

Quando prendo una decisione ne considero i potenziali impatti ambientali
Credo che ogni persona abbia la responsabilità di migliorare l'ambiente
Mi rammarico per lo spreco di risorse

Quindi, per entrambe le precedenti considerazioni, l'analisi esplorativa è stata rieseguita eliminando le suddette variabili ed estraendo cinque fattori come evidenziato nello scree-plot in Figura 43.

Le 26 variabili finali analizzate sono riportate in Tabella 16.

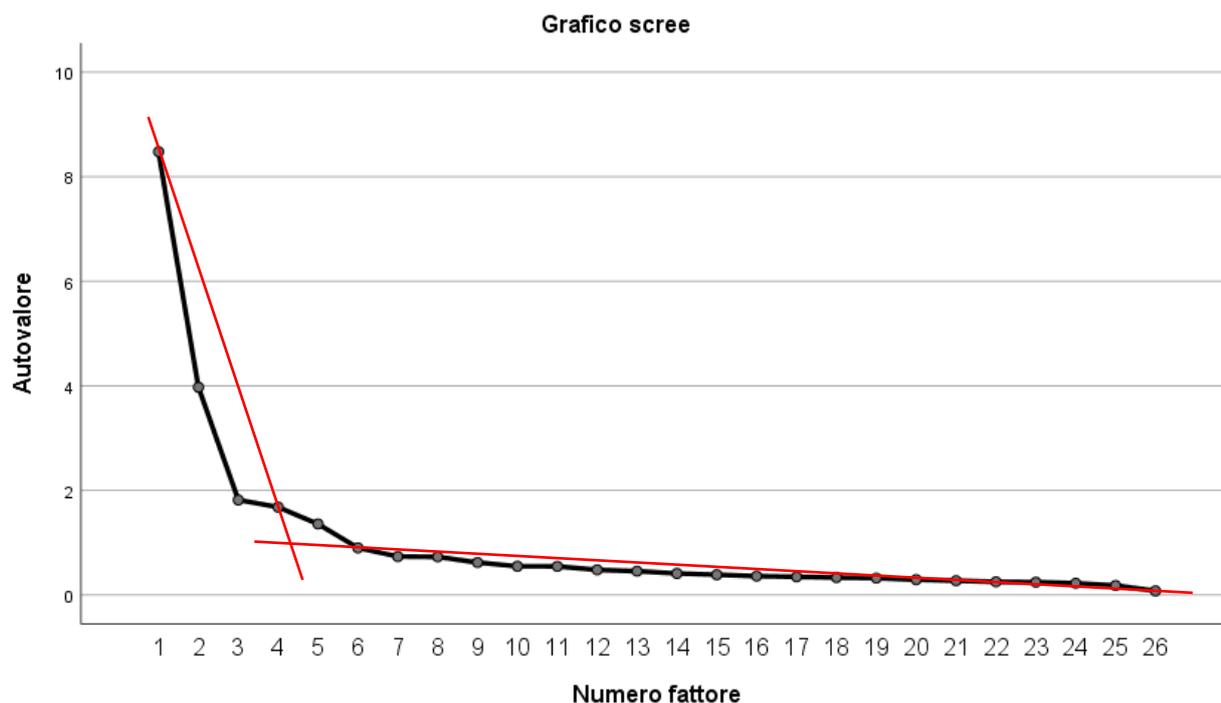


Figura 43: Scree-plot sulle 26 variabili finali

In quest'ultima configurazione il coefficiente di sfericità di Barlett risulta sempre pari a 0,000, la misura di adeguatezza campionaria pari a 0,900 (Tabella 14) ed il totale di varianza spiegata è del 59,115% che risulta accettabile essendo nell'intorno del 60 % (Tabella 15).

Tabella 14: Test di KMO e Barlett a cinque fattori

Misura di Kaiser-Meyer-Olkin di adeguatezza del campionamento		,900
Test della sfericità di Bartlett	Appross. Chi-quadrato	10376,066
	Gl	325
	Sign.	,000

I cinque fattori finali estratti sono riportati in Tabella 17 mentre le comunalità finali sono mostrate in Tabella 43.

Tabella 15: Varianza totale spiegata finale

Fattore	Autovalori iniziali			Caricamenti somme dei quadrati di estrazione			Caricamenti somme dei quadrati di rotazione ^a Totale
	Totale	% di varianza	% cumulativa	Totale	% di varianza	% cumulativa	
1	8,478	32,606	32,606	8,088	31,109	31,109	7,294
2	3,973	15,279	47,885	3,592	13,816	44,925	3,796
3	1,816	6,985	54,871	1,441	5,543	50,468	6,528
4	1,679	6,456	61,327	1,286	4,946	55,414	2,519
5	1,356	5,216	66,543	,962	3,701	59,115	2,892
6	,899	3,458	70,001				
7	,734	2,824	72,824				
8	,728	2,801	75,625				
9	,620	2,384	78,009				
10	,547	2,105	80,115				
11	,547	2,102	82,217				
12	,480	1,845	84,061				
13	,454	1,747	85,808				
14	,411	1,580	87,388				
15	,386	1,485	88,873				
16	,360	1,384	90,257				
17	,346	1,333	91,590				
18	,332	1,278	92,867				
19	,321	1,234	94,101				
20	,291	1,120	95,221				
21	,271	1,041	96,262				
22	,250	,962	97,224				
23	,244	,939	98,163				
24	,222	,852	99,016				
25	,180	,691	99,707				
26	,076	,293	100,000				

Metodo di estrazione: Fattorizzazione dell'asse principale.

a. Quando i fattori sono correlati, i caricamenti delle somme dei quadrati non possono essere aggiunti per ottenere una varianza totale.

Tabella 16: Le variabili analizzate

Nome della variabile	Descrizione della variabile	Tipo di variabile
CONGEST	I VA permetterebbero di ridurre la congestione stradale	Giudizio espresso su scala Likert da 1 (Per niente d'accordo) a 6 (Del tutto d'accordo)
COST	I VA permetterebbero di diminuire il costo di spostamento	
TRVLTIME	I VA permetterebbero di diminuire il tempo di spostamento	
EMISSION	I VA permetterebbero di ridurre le emissioni di gas serra ed il consumo di energia	
MOBNEED	I VA permetterebbero di gestire tutte le esigenze di mobilità quotidiana	
TRANSLT	I VA saranno la soluzione per i nostri problemi di trasporto	
SAFEROAD	I VA permetterebbero di rendere le strade più sicure	
ACCIDENT	I VA permetterebbero di ridurre gli incidenti	
STRESS	I VA permetterebbero di ridurre lo stress legato agli spostamenti	
OWNER	Mi piacerebbe possedere un VA se fosse disponibile in commercio	
NEXTVEH	Mi piacerebbe avere delle caratteristiche di automazione avanzata nella prossima auto che comprerò	
FIRSTUSE	Mi piacerebbe essere tra i primi a sperimentare un VA	
HABIT	Potrei abituarci facilmente a spostarmi con un VA	
UTILITY	Penso che sarebbe utile usare un VA	
MONITOR	I VA richiederebbero attenzioni da parte mia, per dare eventuali ordini se necessario	
UNXEVENT	In certe situazioni i VA potrebbero comportarsi in maniera inaspettata	
WITHDRIV	Preferirei che un conducente umano potesse prendere il controllo in qualsiasi momento	
CMFMPTRP	Livello di soddisfazione in merito alla comodità dello spostamento più significativo	Giudizio espresso su scala Likert da 1 (Molto insoddisfatto) a 6 (Molto soddisfatto)
MODMPTRP	Livello di soddisfazione in merito al modo di trasporto, in generale, dello spostamento più significativo	
FLXMPTRP	Livello di soddisfazione in merito alla flessibilità dello spostamento più significativo	
TMEMPTRP	Livello di soddisfazione in merito al tempo dello spostamento più significativo	
RELMPTRP	Livello di soddisfazione in merito all'affidabilità dello spostamento più significativo	
CSTMPTRP	Livello di soddisfazione in merito al costo dello spostamento più significativo	
SHAREAV	Possiederei un VA e offrirei passaggi a persone che condividono parte del mio percorso	Giudizio espresso su scala Likert da 1 (Assolutamente no) a 6 (Assolutamente sì)
RECAV	Approfitterei di passaggi offerti da persone/aziende/operatori che possiedono un VA	
OWNSH	Possiederei un VA e lo metterei a disposizione per essere preso a noleggio quando inutilizzato	

Tabella 17: Matrice del modello a cinque fattori

Matrice del modello ^a

	Fattore				
	1	2	3	4	5
CONGEST	,863				
COST	,851				
TRVLTIME	,836				
EMISSION	,826				
MOBNEED	,662				
TRANSSLT	,654				
SAFEROAD	,592				
ACCIDENT	,559				
STRESS	,559				
CMFMPTRP		,832			
MODMPTRP		,812			
FLXMPTRP		,800			
TMEMPTRP		,796			
RELMPTRP		,777			
CSTMPTRP		,629			
OWNER			,911		
NEXTVEH			,816		
FIRSTUSE			,776		
HABIT			,608		
UTILITY			,589		
SHAREAV				,950	
RECAV				,619	
OWNSH				,578	
MONITOR					,963
UNXEVENT					,547
WITHDRIV					,539

Metodo di estrazione: Fattorizzazione dell'asse principale.

Metodo di rotazione: Promax con normalizzazione Kaiser ^a

a. Convergenza per la rotazione eseguita in 5 iterazioni.

4.2.1 Interpretazione dei fattori

Dopo l'identificazione di cinque fattori latenti a partire dalle 26 variabili identificate, si vuole ora definirli ed interpretarli in modo da renderli confrontabili con il modello teorico adottato, ovvero il modello CTAM (Car Technology Acceptance Model).

In accordo con le variabili che compongono i diversi fattori, essi assumono la seguente denominazione:

- Fattore 1: Utilità percepita;
- Fattore 2: Soddissfazione per lo spostamento abituale;
- Fattore 3: Propensione all'uso;
- Fattore 4: Condivisione dei VGA;
- Fattore 5: Fiducia nei VGA;

I seguenti fattori sono analizzati singolarmente di seguito per capirne il significato e sono rappresentati in Figura 44 coerentemente con il modello teorico.

Utilità percepita

In linea generale emerge come gli utenti credano che l'utilizzo dei veicoli connessi e a guida autonoma possa contribuire ad un radicale cambiamento del sistema dei trasporti riducendo la congestione stradale, gli incidenti, le emissioni di inquinanti in atmosfera, lo stress legato allo spostamento nonché ridurre il tempo ed il costo di viaggio.

I VGA sono quindi percepiti come uno strumento di utilità collettiva che potrà favorire e risolvere i problemi di mobilità delle città.

Rientra nella categoria riferita all'*aspettativa di prestazione* del modello CTAM confermando quindi la prima ipotesi del modello teorico.

Soddissfazione per lo spostamento abituale

Le variabili che compongono il secondo fattore rappresentano il costo generalizzato dello spostamento settimanale più significativo.

Infatti, il costo generalizzato è dato dalla somma dei costi monetari e non monetari percepiti dall'utente per effettuare uno spostamento.

I costi monetari includono il costo del carburante, il pedaggio urbano o autostradale mentre i non monetari sono legati al comfort, all'affidabilità ed al tempo stesso impiegato nello spostamento.

Dato che per definizione è correlato allo spostamento più importante effettuato dall'utente nella settimana, risulta evidente il legame con l'*abitudine* di viaggio dell'utente stesso.

Nonostante non sia una variabile presente nel modello CTAM, è comunque presente nel modello UTAUT2 in cui rappresenta uno dei precursori dell'intenzione al comportamento.

Propensione all'uso

Il terzo fattore comprende un insieme di atteggiamenti positivi degli utenti nei confronti dei VGA relativi al piacere di usare o possedere un veicolo con la nuova tecnologia.

Riflette infatti la credenza che egli riuscirà ad abituarsi facilmente alla nuova tecnologia, che sarà tra i primi a volerla usare nonché a volerla possedere appena disponibile in commercio o comunque ad avere caratteristiche di automazione avanzata nel prossimo veicolo.

Rappresenta quindi l'attitudine dell'utente all'utilizzo della nuova tecnologia confermando l'ottava ipotesi del modello CTAM.

Condivisione dei VGA

Il fattore in esame indica l'intenzione degli utenti rispetto la condivisione dei VGA con altre persone come, per esempio, possedere un VGA e metterlo a disposizione di persone che non si conoscono, condividere parte del percorso con altri passeggeri o approfittare di passaggi offerti da altri.

Per come sono formulate le variabili, esse riflettono l'intenzione comportamentale che nel modello CTAM è un precursore diretto del comportamento.

Fiducia nei VGA

Dall'analisi si evidenziano i dubbi e gli scetticismi degli utenti riguardo l'utilizzo di tale tecnologia, in particolar modo in relazione alla sicurezza personale come passeggero.

Emergono, infatti, preoccupazioni sul fatto che il veicolo potrebbe comportarsi in maniera inaspettata e che l'utente dovrebbe quindi prestare continuamente attenzione all'andamento del veicolo per prenderne il comando in situazioni di pericolo.

Questa definizione conferma l'ipotesi del modello CTAM che presenta la variabile *sicurezza percepita* come precursore dell'intenzione comportamentale.

Dall'analisi emerge come in particolar modo la facilità d'uso, che nel modello CTAM è indicata come *aspettativa di sforzo*, non assume una grande importanza per l'accettazione dei VGA.

Questo dipende dal fatto che più del 50 % degli utenti intervistati per la realizzazione del questionario ha meno di 30 anni. Dunque, la classe più anziana della popolazione, per la quale sarebbe più utile avere una tecnologia facile da usare, non è presa sufficientemente in considerazione.

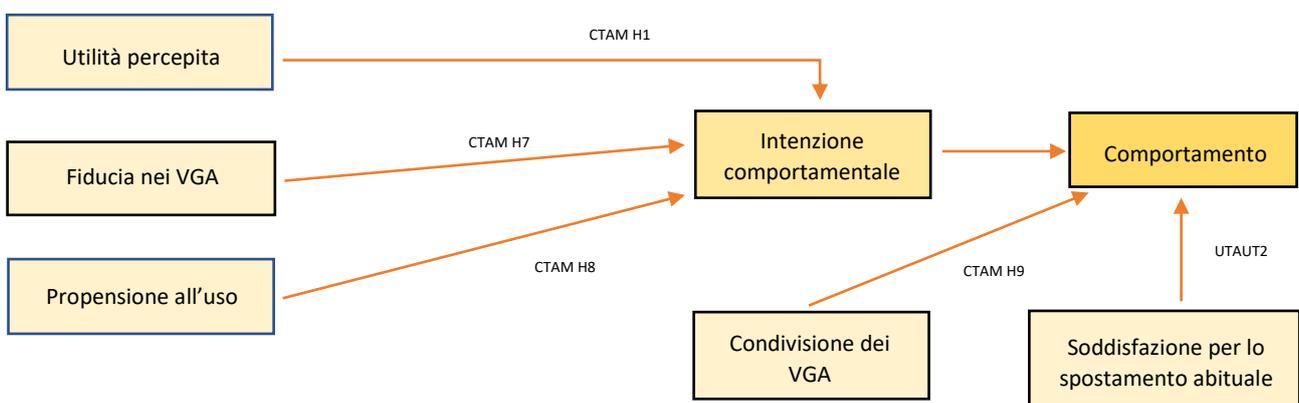


Figura 44: Fattori latenti e coerenza con il modello teorico

4.2.2 Validazione del modello

Per validare il modello si è studiato in primo luogo la *alpha di Cronbach* in quanto permette di valutare l'affidabilità interna presente tra le variabili.

Nel caso delle 26 variabili finali, risulta pari a 0,841 che rappresenta un valore eccellente essendo superiore a 0,8 (Tabella 19). Anche tutti i valori dell'alpha di Cronbach nel caso in cui fosse eliminato un elemento, sono risultati ben superiori a 0,8 come mostrato in Tabella 18.

Tabella 18: Statistiche elemento-totale

	Media scala se viene eliminato l'elemento	Varianza scala se viene eliminato l'elemento	Correlazione elemento-totale corretta	Correlazione multipla quadratica	Alpha di Cronbach se viene eliminato l'elemento
UTILITY	98,76	278,033	,625	,705	,827
HABIT	98,87	278,366	,604	,637	,827
FIRSUSE	99,57	279,375	,502	,555	,830
OWNER	99,66	277,415	,569	,709	,828
NEXTVEH	98,79	281,808	,490	,584	,831
MOBNEED	99,11	276,635	,606	,561	,827
TRANSLT	99,05	277,544	,609	,614	,827
CONGEST	98,84	274,740	,626	,652	,826
ACCIDENT	98,22	280,369	,636	,856	,827
SAFEROAD	98,35	279,237	,660	,866	,826
STRESS	98,35	281,247	,600	,528	,828
TRVLTIME	99,37	280,458	,584	,550	,828
COST	99,47	281,237	,555	,582	,829
EMISSION	99,05	279,884	,532	,552	,830
UNXEVENT	98,63	319,934	-,231	,334	,853
MONITOR	98,38	316,590	-,158	,454	,851
WITHDRIV	98,03	318,061	-,185	,326	,852
TMEMPTRP	99,10	297,093	,200	,594	,842
CSTMPTRP	98,74	296,107	,219	,439	,841
CMFMPTRP	98,78	301,297	,143	,651	,844
FLXMPTRP	98,73	298,874	,164	,673	,844
RELMPTRP	98,67	300,410	,166	,620	,843
MODMPTRP	98,73	299,852	,204	,599	,841
OWNSH	100,51	293,071	,309	,373	,838
SHAREAV	99,96	290,338	,330	,519	,837
RECAV	99,40	287,547	,375	,427	,836

Tabella 19: Statistiche di affidabilità

Alpha di Cronbach	Alpha di Cronbach basata su elementi standardizzati	N. di elementi
,841	,834	26

La coerenza interna è stata poi analizzata nello specifico, considerando ognuno dei cinque fattori riscontrati. È emerso che il valore dell'alpha risulta sempre maggiore di 0,7 (Tabella 20) e, in particolare, si nota come i primi tre fattori siano quelli con il coefficiente più alto (superiore a 0,850) e che quindi designano una forte coerenza nell'analisi.

Tabella 20: Alpha di Cronbach sui singoli fattori

Fattori latenti	Alpha di Cronbach
Utilità percepita	0,919
Soddisfazione per lo spostamento abituale	0,897
Propensione all'uso	0,895
Condivisione dei VGA	0,766
Fiducia nei VGA	0,701

Anche in questo caso sono stati analizzati, per ogni fattore, i diversi valori dell'alpha di Cronbach nel caso in cui una variabile venisse eliminata.

Come si evince dalle tabelle riportate in Appendice B2 (Tabella 44, Tabella 45, Tabella 46, Tabella 47 e Tabella 48) questi valori sono risultati sempre minori dell'alpha iniziale relativa al proprio fattore (Tabella 20) con una sola eccezione per la variabile COST che, se eliminata, porterebbe l'alpha del secondo fattore ad un valore di 0,900 anziché 0,897.

Questo risultato, nel complesso, indica una buona appartenenza delle variabili ai singoli fattori latenti individuati.

Successivamente, un ulteriore livello di validazione ha riguardato la suddivisione delle osservazioni in due sottoinsiemi (il primo di 323 osservazioni ed il secondo di 324) sui quali è stata riformulata l'analisi esplorativa con le stesse 26 variabili finali individuate (Tabella 21 e Tabella 22).

Si osserva come i fattori che vengono a delinearsi risultano formati esattamente dalle stesse variabili in entrambi i casi, evidenziando una forte robustezza dell'analisi anche se confrontata con l'analisi esplorativa di partenza (647 osservazioni). I pesi fattoriali, ad eccezione di alcuni casi, restano perlopiù sullo stesso ordine di grandezza dimostrando un'analisi stabile nel tempo.

Si evidenzia, comunque, come il fattore 4 ed il fattore 5 risultino invertiti nei due sottoinsiemi. Questo può trovare una giustificazione nel fatto che le percentuali di varianza estratta dai due fattori sono relativamente basse ad evidenziare i costrutti latenti più "deboli" del sistema.

Tabella 21: Matrice modello con 323 osservazioni

	Fattore				
	1	2	3	4	5
TRVLTME	,883				
COST	,869				
CONGEST	,831				
EMISSION	,826				
MOBNEED	,694				
TRNSSLT	,658				
ACCIDENT	,603				
SAFEROAD	,599				
STRESS	,578				
CMFMPTRP		,826			
MODMPTRP		,824			
TMEMPTRP		,813			
FLXMPTRP		,786			
RELMPTRP		,781			
CSTMPTRP		,598			
OWNER			,893		
FIRSTUSE			,851		
NEXTVEH			,770		
HABIT			,595		
UTILITY			,552		
SHAREAV				,950	
RECAV				,658	
OWNSH				,600	
MONITOR					,897
WITHDRIV					,587
UNXEVENT					,546

Metodo di estrazione: Fattorizzazione dell'asse principale.

Metodo di rotazione: Promax con normalizzazione Kaiser ^a

a. Convergenza per la rotazione eseguita in 6 iterazioni.

Tabella 22: Matrice modello con 324 osservazioni

	Fattore				
	1	2	3	4	5
CONGEST	,916				
TRVLTIME	,805				
EMISSION	,794				
COST	,787				
TRNSSLT	,682				
MOBNEED	,630				
SAFEROAD	,594				
STRESS	,559				
ACCIDENT	,532				
CMFMPTRP		,845			
FLXMPTRP		,812			
MODMPTRP		,808			
RELMPTRP		,777			
TMEMPTRP		,773			
CSTMPTRP		,660			
OWNER			,878		
NEXTVEH			,868		
FIRSTUSE			,690		
UTILITY			,572		
HABIT			,566		
MONITOR				,974	
UNXEVENT				,584	
WITHDRIV				,510	
SHAREAV					,916
RECAV					,584
OWNSH					,577

Metodo di estrazione: Fattorizzazione dell'asse principale.

Metodo di rotazione: Promax con normalizzazione Kaiser ^a

a. Convergenza per la rotazione eseguita in 5 iterazioni.

4.2.3 Analisi fattoriale esplorativa del secondo ordine

L'analisi esplorativa è stata rieseguita considerando i cinque fattori latenti individuati come nuove variabili.

Ogni fattore ha assunto un valore sommando i punteggi delle variabili che lo compongono. In questo modo, i fattori sono stati misurati attraverso un intervallo quantitativo:

- Fattore 1: da 9 a 54;
- Fattore 2: da 6 a 36;
- Fattore 3: da 5 a 30;
- Fattore 4: da 3 a 18;
- Fattore 5: da 3 a 18;

Essendo i punteggi fattoriali definiti su scale diverse, essi sono stati standardizzati attraverso il *punteggio z* che ha permesso di renderli facilmente confrontabili tra loro.

La trasformazione di un punteggio in un punteggio standardizzato, fa riferimento alla divisione dello scarto dalla media di tale punteggio (distanza positiva o negativa) per la deviazione standard, come riportato nell'Equazione (22):

$$z = \frac{X - \bar{X}}{s} \quad (22)$$

dove:

X è il punteggio iniziale;

\bar{X} è la media dei punteggi eseguita per ciascun fattore;

s è lo scarto quadratico medio (o deviazione standard) dei punteggi eseguito per ciascun fattore.

Mediante la trasformazione z si ottiene una *distribuzione normale standardizzata* ovvero con media dei punteggi z uguale a zero e scarto quadratico medio (e varianza) unitaria, che pur conservando i suoi caratteri fondamentali può essere facilmente confrontata con altre distribuzioni trasformate nella stessa maniera.

In Tabella 23 sono riportate la media e la deviazione standard riferiti ad ogni fattore iniziale ed essenziali per la formazione dei punteggi z :

Tabella 23: Statistiche dei cinque fattori individuati per le 647 osservazioni totali

		Fattore 1 Utilità percepita	Fattore 2 Soddisfazione per lo spostamento abituale	Fattore 3 Propensione all'uso	Fattore 4 Condivisione dei VGA	Fattore 5 Fiducia nei VGA
N	Valido	647	647	647	647	647
	Mancante	0	0	0	0	0
Media		36,52	24,79	18,97	8,91	13,73
Deviazione std.		10,448	7,549	6,691	3,920	3,044
Varianza		109,160	56,986	44,764	15,363	9,265
Minimo		9	6	5	3	3
Massimo		54	36	30	18	18

Per l'analisi esplorativa seguente, si è deciso di optare per un'estrazione a due fattori coerentemente sia con lo scree-plot mostrato in Figura 45 che con la metodologia dell'autovalore maggiore di uno.

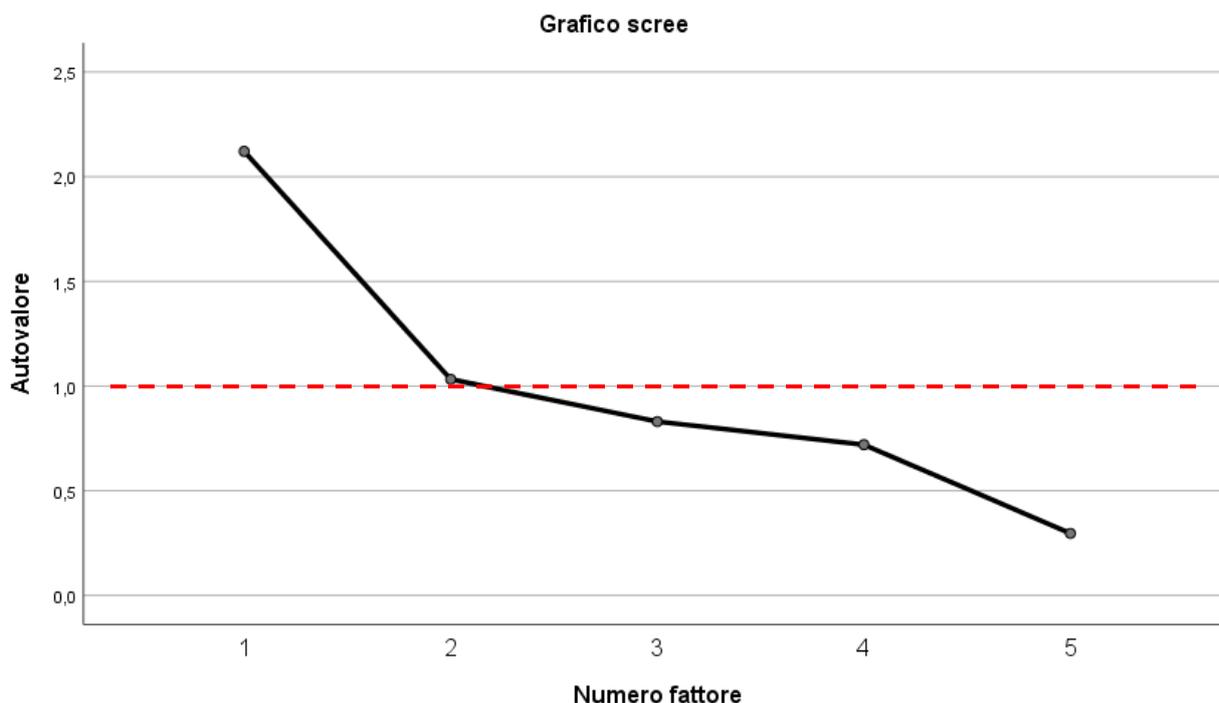


Figura 45: Scree-plot per l'EFA del secondo ordine

In questo caso, considerando sempre una rotazione PROMAX per la costruzione della matrice del modello ed eclissando i pesi fattoriali minori di $\pm 0,40$, è evidente dalla Tabella 24 come il primo costrutto inglobi tutti i precedenti fattori individuati ad eccezione della variabile riferita alla soddisfazione per lo spostamento abituale.

Dunque, essi sono interpretati come segue:

- Propensione positiva rispetto i VGA;
- Soddisfazione per lo spostamento abituale.

Tabella 24: Estrazione dei fattori per l'EFA del secondo ordine

	Fattore	
	1	2
Utilità percepita	,819	
Propensione all'uso	,733	
Condivisione dei VGA	,547	
Fiducia nei VGA	-,424	
Soddisfazione per lo spostamento abituale		,505

Metodo di estrazione: Fattorizzazione dell'asse principale.

Metodo di rotazione: Promax con normalizzazione Kaiser ^a

a. Convergenza per la rotazione eseguita in 3 iterazioni.

All'interno della definizione del primo tratto latente è presente il fattore relativo alla fiducia che gli utenti mostrano nei confronti della nuova tecnologia. Esso rappresenta, come analizzato in precedenza, le

preoccupazioni e le esitazioni degli utenti rispetto i VGA. Data la sua definizione, in modo conforme alla presenza di altri fattori che lo compongono e che indicano un'attitudine positiva nei confronti dei VGA, esso assume segno negativo e quindi opposto rispetto gli altri.

Riassumendo, il primo fattore estratto aggrega in un'unica struttura le variabili a favore dei VGA ad indicare una sorta di utilità collettiva ed individuale che l'utente sembra percepire con l'introduzione dei nuovi veicoli.

Il secondo costruito rappresenta il costo dello spostamento più significativo. Coerentemente con l'analisi, esso risulta separato dagli altri in quanto non rappresenta una caratteristica esplicita relativa ad un atteggiamento, opinione o intenzione nei riguardi dell'accettazione dei VGA, ma è un indicatore dell'abitudine di viaggio dell'utente nella situazione attuale.

4.3 Analisi dei gruppi (Cluster Analysis)

L'analisi a gruppi si basa sull'algoritmo k-medie implementato sulla base dei costrutti latenti, ricavati tramite analisi fattoriale esplorativa e, successivamente, standardizzati tramite i *punteggi z* come riportato nell'analisi precedente del capitolo 4.2.3.

Inizialmente l'analisi è stata definita considerando la formazione di tre gruppi.

Tabella 25: Tabella ANOVA con divisione in tre gruppi

	Cluster		Errore		F	Sign.
	Media quadratica	gl	Media quadratica	gl		
Utilità percepita	165,814	2	,488	644	339,674	,000
Soddisfazione per lo spostamento abituale	4,778	2	,988	644	4,834	,008
Propensione all'uso	174,640	2	,461	644	379,040	,000
Condivisione dei VGA	54,811	2	,833	644	65,808	,000
Fiducia nei VGA	186,423	2	,424	644	439,517	,000

Dalla Tabella 25 si nota, comunque, come il fattore relativo alla soddisfazione per lo spostamento abituale non sia preso sufficientemente in considerazione essendo la significatività diversa da 0,000. Per tale ragione è stata implementata una nuova analisi con suddivisione in quattro categorie.

In questa nuova soluzione la convergenza necessaria per la definizione dei centroidi finali, a partire da una prima definizione casuale, è stata raggiunta alla nona iterazione.

Ogni singolo fattore presenta una significatività uguale a 0,000 e i valori del test F mostrano come i fattori più importanti per la segmentazione delle osservazioni nei diversi gruppi siano la "Propensione all'uso" (314,804), la "Fiducia nei VGA" (252,596) e l'"Utilità percepita" (226,797). La Tabella 26 mostra i risultati appena descritti.

Tabella 26: Tabella ANOVA con divisione in quattro gruppi

	Cluster		Errore		F	Sign.
	Media quadratica	gl	Media quadratica	gl		
Utilità percepita	110,709	3	,488	643	226,797	,000
Soddisfazione per lo spostamento abituale	55,698	3	,745	643	74,782	,000
Propensione all'uso	128,110	3	,407	643	314,804	,000
Condivisione dei VGA	45,603	3	,792	643	57,586	,000
Fiducia nei VGA	116,489	3	,461	643	252,596	,000

Infine, dalla Tabella 27 si evince come le osservazioni siano distribuite in modo piuttosto omogeneo all'interno dei quattro gruppi, dove ognuno di essi rappresenta una specifica combinazione delle attitudini, dello stile di vita, delle intenzioni e delle preferenze degli utenti.

Tabella 27: Numero di casi in ciascun gruppo

Gruppo	1	162,000
	2	134,000
	3	189,000
	4	162,000
Valido		647,000
Mancante		0,000

La Tabella 28 mostra le coordinate finali dei centroidi, considerando che la media dei fattori risulta uguale a zero a causa della standardizzazione iniziale. Questo permette l'interpretazione dei fattori in ogni gruppo creatosi, individuando se essi assumono un valore superiore o inferiore alla media.

Quindi, dalle precedenti considerazioni, emerge che gli utenti rispetto la nuova tecnologia si dividono in:

- Gruppo 1: oppositori;
- Gruppo 2: sostenitori;
- Gruppo 3: esitanti;
- Gruppo 4: conservatori.

Tabella 28: Centri finali dei quattro gruppi

	Cluster			
	1	2	3	4
Utilità percepita	-1,11894	,75341	,52058	-,11159
Soddisfazione per lo spostamento abituale	-,08602	-,21753	-,49102	,83881
Propensione all'uso	-1,12512	,82175	,63048	-,29016
Condivisione dei VGA	-,78898	,30164	,17890	,33076
Fiducia nei VGA	,67241	-1,32139	,46034	-,11647

Oppositori

Il primo gruppo contiene 162 osservazioni. Si nota come i fattori di “Utilità percepita” e “Propensione all’uso” siano quelli prevalentemente inferiori al valore medio (-1,119 e -0,789), seguiti dalla “Condivisione dei VGA” ed infine dalla “Soddisfazione per lo spostamento abituale”.

L’unico fattore superiore alla media è relativo alla “Fiducia nei VGA” (0,672) che comprende le preoccupazioni ed i timori nei confronti della nuova tecnologia. Per questo, gli utenti appartenenti a questo gruppo appaiono ansiosi rispetto i VGA, identificando l’insieme degli oppositori.

Sostenitori

Con le sue 134 osservazioni identifica il gruppo meno numeroso. Gli utenti percepiscono l’utilità collettiva ed individuale dei VGA, mostrandosi propensi al loro uso ed alla loro condivisione con altre persone.

Inoltre, il fattore prevalentemente inferiore alla media è rappresentato da quello relativo alla fiducia nei VGA (-1,321), ad indicare che gli utenti non percepiscono incertezze o titubanze relative alla guida dei VGA ma, al contrario, si dimostrano fiduciosi in merito alla tecnologia.

La mancanza di soddisfazione per gli spostamenti effettuati nella situazione attuale (-0,491), insieme alle considerazioni appena enunciate, permettono di definire il profilo dei sostenitori.

Esitanti

Rappresenta il gruppo con maggiori osservazioni, pari a 189, del quale fanno parte gli utenti esitanti. Essi si mostrano propensi all’uso dei VGA (0,630) e alla loro condivisione (0,179), e sembrano percepirne l’utilità (0,521). Inoltre, appaiono delusi in merito alla modalità del loro spostamento abituale.

Nonostante queste considerazioni, emerge comunque il timore degli utenti rispetto la perdita di controllo di tali veicoli e la mancata possibilità di riprenderne i comandi (0,460).

Conservatori

L’ultimo gruppo, formato da 162 osservazioni, delinea il profilo dei conservatori.

Ingloba gli utenti che, pur mostrando un’attitudine positiva nella condivisione dei VGA e un senso di sicurezza all’interno di tali veicoli (-0,116), non ne percepiscono l’utilità e non sono propensi al loro uso in quanto si mostrano soddisfatti delle caratteristiche relative allo spostamento settimanale più significativo (0,839).

4.3.1 I profili psicografici degli utenti

Per conferire un senso all’analisi in questione, è importante confrontare i gruppi individuati con le caratteristiche socioeconomiche ed altre variabili attitudinali non direttamente usate nell’EFA a causa della loro natura categoriale.

Questo procedimento permetterà di individuare le variabili più rilevanti nel processo decisionale degli utenti con il fine di introdurre politiche efficienti da parte dei decisori.

Da un punto di vista puramente statistico, è stato utilizzato il test di Kruskal-Wallis ovvero un metodo non parametrico che permette di investigare le variabili realmente significative per la determinazione delle differenze tra i diversi gruppi.

Il test, nella sua realizzazione, fa ricorso all'uguaglianza delle mediane tra i gruppi. Per questo motivo sono state prese in considerazione esclusivamente variabili quantitative o categoriale ordinali, per le quali avesse senso il concetto matematico stesso di mediana.

Sulla base di queste considerazioni la Tabella 29 mostra le variabili del questionario che, con le caratteristiche sopra indicate, sono state prese in analisi.

Si nota come le uniche due variabili non considerevoli per la suddivisione in gruppi siano il reddito mensile familiare ($p = 0,877$) e il livello di educazione degli intervistati ($p = 0,497$), in quanto presentano il p -value maggiore di 0,05. Le percentuali per ciascun gruppo di queste due variabili sono riportate in Tabella 31.

Le restanti variabili sono risultate abbastanza significative con un p -value minore di 0,05 per quanto riguarda il numero di persone e di bambini con meno di 11 anni nel nucleo familiare ed il numero di abbonamenti posseduti dal singolo intervistato.

Tra le variabili con alta significatività, ovvero p -value minore di 0,01, sono state riscontrate l'età dei partecipanti, il numero di auto possedute per ogni nucleo familiare ed infine i chilometri percorsi ed il tempo impiegato per lo spostamento abituale.

Tabella 29: Statistiche riferite al test Kruskal-Wallis

	Età partecipanti	N° persone nucleo familiare	Numero auto possedute	N° bambini meno di 11 anni	Abbonamenti posseduti	Chilometri percorsi	Tempo impiegato	Educazione	Reddito
H di Kruskal- Wallis	25,503	9,622	17,904	9,873	8,456	64,070	44,200	2,384	,683
gl	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Sign. asintotica	,000	,022	,000	,020	,037	,000	,000	,497	,877

Nello specifico, si considerano le variabili significative considerate nell'analisi. La Tabella 30 mostra come l'età rappresenti una variabile di notevole importanza. Infatti, persone con meno di trenta anni si dicono più propense alla nuova tecnologia (73,9%) mentre persone con più di trenta anni si mostrano restie al loro utilizzo, probabilmente a causa della mancata facilità d'uso percepita (53,1%).

In relazione alla numerosità del nucleo familiare si evince che gli utenti che vivono da soli sembrano più propensi all'utilizzo dei VGA con una percentuale del 13,5% o comunque soddisfatti del proprio comportamento abituale (10,5%) così come per le famiglie composte da 3 persone (28,4%). Le famiglie più numerose, invece, appaiono esitanti (55,6%).

Inoltre, le famiglie senza bambini con meno di undici anni sono a favore dei VGA (94%) mentre famiglie con almeno un bambino (16,9%) sono contrarie in quanto predominano le preoccupazioni dei genitori a lasciare i propri figli da soli in questi veicoli.

Un'altra variabile che influenza l'atteggiamento riguardo l'accettazione dei VGA è rappresentata dal numero di auto possedute. I nuclei familiare senza auto sarebbero favorevoli all'utilizzo dei VGA (7,5%) o, comunque, a mantenere il comportamento attuale (6,8%) così come le famiglie con una sola auto (35,4%).

Le famiglie con due o più auto (78,8%) restano esitanti nei confronti dei VGA in quanto probabilmente, essendo dotati di un numero sufficiente di auto private, non ne percepiscono l'utilità.

Considerando le variabili legate alle attitudini di mobilità, emerge che per gli spostamenti settimanali minori di 15 minuti gli utenti appaiono soddisfatti delle proprie abitudini (50,6%) e favorevoli all'utilizzo dei VGA (29,9%). Per spostamenti tra i 15 minuti e i 60 minuti predominano i sentimenti contrari (63%) mentre per gli spostamenti molto lunghi, cioè superiori ad un'ora, gli utenti si dimostrano esitanti rispetto al loro utilizzo (17,4%).

Allo stesso modo, dal punto di vista dei chilometri percorsi, per i viaggi minori di 7 Km prevale una soddisfazione nei confronti della situazione attuale (79,6%) seguito da un atteggiamento favorevole rispetto la nuova tecnologia (54,4%). Per quelli intermedi tra i 7 e i 30 Km predomina un atteggiamento avverso nei confronti dei VGA (31,5%), mentre se maggiori di 30 Km gli utenti appaiono sia contrari che esitanti con la stessa percentuale del 22,3%.

Riassumendo, dalle variabili relative al tempo impiegato e ai chilometri percorsi, si nota come i VGA siano percepiti come uno strumento di utilità per spostamenti brevi e rapidi. Al contrario per gli spostamenti più lunghi gli utenti non sembrano avvertire la sicurezza in quanto presumibilmente pensano ad una maggiore facilità nella perdita di controllo e ad una loro minore attenzione durante il viaggio.

Infine, è emersa una considerazione fortemente legata al contesto del trasporto pubblico autonomizzato.

Gli intervistati in possesso di due o più abbonamenti, che sono più inclini ad un uso massivo del trasporto pubblico o dei servizi di condivisione della mobilità, utilizzerebbero volentieri la nuova tecnologia (63,4%), mentre chi utilizza più frequentemente la propria auto privata senza privilegiare le forme di trasporto collettive (ovvero le persone che possiedono un solo abbonamento o nessuno) non comprendono i benefici e l'efficacia del nuovo sistema di trasporto (29%).

Tabella 30: Variabili categoriche e quantitative ordinali significative al test Kruskal-Wallis

		Gruppo 1 (%)	Gruppo 2 (%)	Gruppo 3 (%)	Gruppo 4 (%)
Età dei partecipanti	Persone con meno di 30 anni	46,9	73,9	64,6	65,2
	Persone tra 30 e 50 anni	35,2	21,6	24,9	19,3
	Persone tra 50 e 70 anni	16,7	3,0	10,1	13,0
	Persone con più di 70 anni	1,2	1,5	0,5	2,5
Numero di persone nel nucleo familiare	1	10,0	13,5	4,8	10,5
	2	25,0	11,3	13,8	17,3
	3	20,0	22,6	25,9	28,4
	4	35,0	40,6	41,3	33,3
	5	8,1	11,3	12,2	8,0
	6	1,3	0,8	1,1	2,5
	7	0,6	0,0	0,5	0,0
	8	0,0	0,0	0,5	0,0
Numero di auto possedute	0	4,3	7,5	3,2	6,8
	1	28,6	28,6	18,0	35,4
	2	44,1	35,3	47,6	39,1
	3	15,5	21,8	21,7	14,3

		Gruppo 1 (%)	Gruppo 2 (%)	Gruppo 3 (%)	Gruppo 4 (%)
Numero di auto possedute	4	6,2	6,0	9,0	3,1
	5	0,6	0,8	0,5	0,6
	6	0,6	0,0	0,0	0,6
Numero di bambini con meno di 11 anni	0	83,1	94,0	88,9	91,4
	1	10,0	2,3	6,9	5,6
	2	5,6	3,8	2,6	3,1
	3	1,3	0,0	0,5	0,0
	4	0,0	0,0	1,1	0,0
Divisione degli abbonamenti posseduti	Nessun abbonamento	29,0	20,9	19,0	24,7
	Un abbonamento	24,1	15,7	23,3	17,3
	Due o più abbonamenti	46,9	63,7	57,7	58,0
Chilometri percorsi	Meno di 3 Km	17,9	32,8	27,5	56,8
	Tra 3 e 7 Km	28,4	21,6	18,0	22,8
	Tra 7 e 30 Km	31,5	26,1	32,3	14,2
	Tra 30 e 100 Km	20,4	15,7	17,5	3,7
	Più di 100 Km	1,9	3,7	4,8	2,5
Tempo impiegato	Meno di 15 min	21,6	29,9	22,2	50,6
	Tra 15 e 60 min	63,0	56,0	60,3	43,8
	Tra 60 e 120 min	12,3	11,2	13,2	4,3
	Più di 120 min	3,1	3,0	4,2	1,2

Tabella 31: Variabili categoriche e quantitative ordinali non significative al test Kruskal-Wallis

		Gruppo 1 (%)	Gruppo 2 (%)	Gruppo 3 (%)	Gruppo 4 (%)
Educazione	Scuola media	0,6	0,7	0,0	1,2
	Scuola superiore	6,8	5,2	9,0	5,0
	Alcuni esami universitari	22,2	24,6	21,2	21,1
	Laurea di primo livello	19,1	17,9	22,2	20,5
	Laurea magistrale	28,4	35,1	35,4	32,3
	Dottorato di ricerca	22,2	13,4	11,1	18,6
	Master di primo livello	0,6	0,7	0,5	0,6
	Master di secondo livello	0,0	1,5	0,5	0,6
	Executive Master	0,0	0,7	0,0	0,0
Reddito	Meno di 1000 euro	5,2	1,6	3,4	3,2
	Tra 1000 e 1500 euro	11,0	8,7	10,2	10,3
	Tra 1500 e 2000 euro	8,4	11,1	14,1	10,3
	Tra 2000e 2500 euro	11,6	19,0	10,2	10,9
	Tra 2500 e 3000 euro	14,2	12,7	15,8	16,7
	Tra 3000 e 3500 euro	11,6	7,1	9,0	9,6
	Tra 3500 e 4000 euro	9,0	7,9	12,4	9,6
	Tra 4000 e 4500 euro	6,5	7,9	5,1	5,8
	Tra 45000 e 5000 euro	1,3	0,0	1,7	5,1
	Tra 5000 e 5500 euro	2,6	6,3	3,4	3,8
	Tra 5500 e 6000 euro	3,9	5,6	4,5	1,9
	Tra 6000 e 10000 euro	6,5	5,6	4,5	3,8
	Più di 10000 euro	5,2	3,2	1,7	3,2
	Non lo so	3,2	3,2	4,0	5,8

CONCLUSIONI

La tesi dimostra come l'introduzione dei veicoli connessi e a guida autonoma rappresenti un tema di rilevante importanza nell'ottica della creazione di nuovi modelli di mobilità sostenibile.

Le case automobilistiche stanno investendo ingenti capitali sulla nuova tecnologia, sia per affinarne il suo funzionamento sia per rispondere in modo efficace alle questioni emergenti di tipo etico legate al loro utilizzo. D'altra parte, l'accettazione e la conseguente adozione da parte degli utilizzatori diventa un punto cruciale nella diffusione di una qualsiasi innovazione.

La prima analisi è stata effettuata considerando un campione di persone a livello mondiale. Si osserva, una bassa disponibilità degli utenti a pagare per i veicoli autonomi e la preoccupazione delle famiglie a lasciare i propri bambini all'interno degli stessi. Infine, chi ha avuto una maggiore esperienza con questo tipo di guida sia più propenso all'utilizzo dei VGA.

Data la complessità della tematica trattata e provenendo i rispondenti da diversi Paesi, si è preferito circoscrivere l'analisi ai soli rispondenti italiani (peraltro la maggioranza del campione) per definire una serie di raccomandazioni utili ad un contesto specifico ed utilizzabili, quindi, dalle autorità locali.

L'analisi fattoriale esplorativa ha permesso l'individuazione dei costrutti latenti che sono in grado di influenzare l'accettazione del veicolo autonomo sulla base del modello teorico CTAM (Car Technology Acceptance Model).

I fattori latenti di maggiore importanza sono risultati l'utilità percepita e la soddisfazione nei confronti della situazione abituale. Quest'ultima assume un ruolo fondamentale all'interno dei modelli elaborati nel corso degli anni.

L'abitudine, infatti, rappresenta comportamenti che, attraverso la ripetizione nel tempo, diventano automatici ed ostacolano in modo considerevole la formazione di un nuovo comportamento.

Gli utenti, inoltre, appaiono consapevoli dei benefici individuali che questi veicoli potrebbero comportare e si dimostrano favorevoli alla loro condivisione. Affiora, comunque, la scarsa fiducia degli utenti in termini di sicurezza nel caso in cui fossero passeggeri dei suddetti veicoli condivisi.

L'importanza della fiducia nella nuova tecnologia emerge nell'analisi a gruppi. Gli utenti si pongono principalmente nella categoria degli esitanti in quanto, nonostante siano a conoscenza degli aspetti positivi dei VGA e non siano soddisfatti della loro mobilità attuale, appaiono estremamente timorosi nel caso in cui dovessero usarli, soprattutto per gli spostamenti estremamente lunghi dove l'utente potrebbe diventare meno concentrato e meno reattivo a riprendere i comandi in caso di pericolo.

La problematica relativa alle incertezze percepite dagli utenti può essere risolta dalle case automobilistiche con una migliore ed innovativa definizione delle interfacce uomo-utente, capaci di migliorare la percezione empatica dell'utilizzatore oltre che promuovere un comportamento di guida sicuro.

I risultati finora osservati non possono comunque essere ritenuti definitivi in quanto, nonostante le continue sperimentazioni, i VGA non sono ancora disponibili al pubblico. Inoltre, la maggior parte delle domande che compongono il questionario, si riferiscono alla guida di veicoli completamente autonomi senza studi prevalentemente rivolti alla guida assistita.

Bisogna poi considerare come la pandemia dovuta al Covid-19 abbia influenzato la mobilità, portando gli utenti a privilegiare le modalità di trasporto private e, per questo, sarà importante monitorare le loro decisioni in relazione all'avanzamento della situazione pandemica.

Sarà quindi di estrema importanza catturare le attitudini dei futuri utilizzatori nel periodo di transizione in cui i veicoli odierni ed i semi-VGA dovranno coesistere.

Tale situazione avrà un impatto radicale sulla percezione degli utenti che saranno influenzati dalle esperienze personali e dagli accadimenti che avverranno, tra cui quelli relativi alle questioni ambientali e al numero di incidenti nei quali questi veicoli saranno coinvolti.

Sarà quindi importante continuare ad analizzare le attitudini degli utenti verso la mobilità attraverso la somministrazione di questionari anche suddivisi per tipologia di scenario come, per esempio, quello extraurbano e urbano, in modo da migliorare la progettazione delle indagini.

Inoltre, i questionari dovranno includere una serie di variabili maggiormente legate alle emozioni ed alle storie personali. Esse permettono di conoscere con maggiore precisione le ragioni di alcune attitudini (positive o negative) in modo da ottenere un'analisi dei dati ancora più chiara e focalizzata sul tema in questione.

Tra le raccomandazioni che questa tesi vuole fornire alle città ed aziende di trasporto che dovranno riorganizzare la pianificazione della mobilità urbana, vi è la necessità di indicare dove sarebbe più logica e necessaria l'implementazione di un sistema autonomo.

Il trasporto pubblico è certamente il settore, come è emerso nell'analisi a gruppi, che troverebbe il favore degli utilizzatori.

Implementare i sistemi di trasporto a guida automatizzata nel settore pubblico, infatti, oltre che andare nella direzione di una generale *spending review* in quanto comporterebbe la diminuzione dei costi legati al personale, migliorerebbe il servizio offerto ai cittadini con un aumento della domanda di trasporto pubblico rispetto a quello privato.

I futuri sviluppi della ricerca potrebbero prevedere la somministrazione del questionario ad un campione di persone provenienti da altre nazioni, europee ed extraeuropee, per poter valutare la percezione e l'accettazione dei VGA in differenti contesti culturali e di mobilità.

Infine, sarebbe interessante estendere la ricerca non solo alla guida autonoma, ma anche a diversi livelli di guida assistita e di automazione, in modo da comprendere la reale tendenza da parte dell'utenza all'accettazione o meno dei vari scenari illustrati, e, conseguentemente, fornire ai decisori gli elementi per operare le scelte più efficaci da adottare per i servizi di trasporto pubblico nel prossimo futuro.

Appendice A1

Sono elencate le ulteriori statistiche descrittive svolte attraverso SPSS per l'analisi delle caratteristiche socioeconomiche del campione in esame.

Tabella 32: Livello di istruzione degli intervistati

Educazione	Frequenza	Percentuale	Percentuale valida	Percentuale cumulativa
Scuola Media Superiore	5	,7	,7	,7
Scuola Superiore o equivalente	45	6,3	6,3	7,0
Alcuni esami universitari (Laurea non conseguita)	144	20,3	20,3	27,3
Laurea di primo livello	137	19,3	19,3	46,6
Laurea Magistrale (di secondo livello)	245	34,4	34,5	81,1
Dottorato di Ricerca	125	17,6	17,6	98,7
Master di primo livello	4	,6	,6	99,3
Master di secondo livello	4	,6	,6	99,9
Executive Master	1	,1	,1	100,0
Totale	710	99,9	100,0	
Dati mancanti	1	,1		
Totale	711	100,0		

Tabella 33: Composizione familiare degli intervistati

Composizione familiare	Frequenza	Percentuale	Percentuale valida	Percentuale cumulativa
1	72	10,1	10,2	10,2
2	122	17,2	17,3	27,5
3	172	24,2	24,4	51,8
4	258	36,3	36,5	88,4
5	67	9,4	9,5	97,9
6	12	1,7	1,7	99,6
7	2	,3	,3	99,9
8	1	,1	,1	100,0
Totale	706	99,3	100,0	
Dati mancanti	5	,7		
Totale	711	100,0		

Tabella 34: Numero di persone in possesso di patente di guida

Numero di persone in possesso di patente di guida nel nucleo familiare	Frequenza	Percentuale	Percentuale valida	Percentuale cumulativa
0	12	1,7	1,7	1,7
1	88	12,4	12,5	14,2
2	235	33,1	33,3	47,5
3	195	27,4	27,6	75,1
4	148	20,8	21,0	96,0
5	28	3,9	4,0	100,0
Totale	706	99,3	100,0	
Sistema	5	,7		
Totale	711	100,0		

Tabella 35: Reddito mensile

Reddito mensile per nucleo familiare	Frequenza	Percentuale	Percentuale valida	Percentuale cumulativa
Meno di 1000 euro	23	3,2	3,4	3,4
1000-1500 euro	68	9,6	10,1	13,5
1500-2000 euro	69	9,7	10,2	23,7
2000-2500 euro	82	11,5	12,1	35,8
2500-3000 euro	97	13,6	14,3	50,1
3000-3500 euro	61	8,6	9,0	59,2
3500-4000 euro	64	9,0	9,5	68,6
4000-4500 euro	43	6,0	6,4	75,0
4500-5000 euro	17	2,4	2,5	77,5
5000-5500 euro	29	4,1	4,3	81,8
5500-6000 euro	29	4,1	4,3	86,1
6000-10000 euro	46	6,5	6,8	92,9
Più di 10000 euro	22	3,1	3,3	96,2
Non lo so	26	3,7	3,8	100,0
Totale	676	95,1	100,0	
Sistema	35	4,9		
Totale	711	100,0		

Appendice A2

Sono elencate le ulteriori statistiche descrittive svolte attraverso SPSS per l'analisi delle caratteristiche in termini di mobilità e trasporto del campione in esame.

Tabella 36: Spostamenti casa-lavoro

Spostamenti aggregati casa-lavoro	Frequenza	Percentuale
PRIV	157	22,1
PUB	63	8,9
SOFT	72	10,1
PRIV-PUB	28	3,9
PRIV-PLANE	1	,1
PRIV-SOFT	27	3,8
PUB-SOFT	73	10,3
PUB-CARSH	2	,3
SOFT-CARSH	2	,3
PRIV-PUB-PLANE	1	,1
PRIV-PUB-SOFT	42	5,9
PRIV-SOFT-CARSH	2	,3
PUB-SOFT-CARSH	5	,7
PUB-PLANE-SOFT-CARSH	1	,1
PRIV-PUB-SOFT-CARSH	4	,6
NESSUNO	231	32,5
Totale	711	100,0

Tabella 37: Divisione degli spostamenti casa-lavoro

Divisione degli spostamenti casa-lavoro	Frequenza	Percentuale	Percentuale valida	Percentuale cumulativa
Nessun modo di trasporto	231	32,5	32,5	32,5
Un modo di trasporto	269	37,8	37,8	70,3
Due o più modi di trasporto	211	29,7	29,7	100,0
Totale	711	100,0	100,0	

Tabella 38: Spostamenti casa-scuola/università

Spostamenti aggregati casa-scuola/università	Frequenza	Percentuale	Percentuale valida	Percentuale cumulativa
PRIV	74	10,4	10,4	10,4
PUB	75	10,5	10,5	21,0
SOFT	99	13,9	13,9	34,9
PRIV-PUB	31	4,4	4,4	39,2
PRIV-SOFT	12	1,7	1,7	40,9
PUB-SOFT	133	18,7	18,7	59,6
PUB-CARSH	1	,1	,1	59,8
SOFT-CARSH	2	,3	,3	60,1

Spostamenti aggregati casa-scuola/università	Frequenza	Percentuale	Percentuale valida	Percentuale cumulativa
PRIV-PUB-SOFT	50	7,0	7,0	67,1
PUB-SOFT-CARSH	9	1,3	1,3	68,4
PRIV-PUB-SOFT-CARSH	6	,8	,8	69,2
NESSUNO	219	30,8	30,8	100,0
Totale	711	100,0	100,0	

Tabella 39: Divisione degli spostamenti casa-scuola/università

Divisione degli spostamenti casa-scuola/università	Frequenza	Percentuale	Percentuale valida	Percentuale cumulativa
Nessun modo di trasporto	219	30,8	30,8	30,8
Un modo di trasporto	216	30,4	30,4	61,2
Due o più modi di trasporto	276	38,8	38,8	100,0
Totale	711	100,0	100,0	

Tabella 40: Spostamenti della settimana "tipo"

Spostamenti più importanti	Frequenza	Percentuale (%)
Casa-lavoro	326	45,9
Per ragioni di lavoro (trasferte, partecipare ad una riunione...)	21	3,0
Casa-scuola/università	293	41,2
Per spesa, commissioni, pratiche burocratiche	18	2,5
Per tempo libero	28	3,9
Per andare a prendere o accompagnare qualcuno	15	2,1
Visite ad amici e parenti	10	1,4
Totale	711	100,0

Appendice B1

Tabella 41: Comunalità iniziali ed estratte - 35 variabili

	Iniziale	Estrazione
Quando prendo una decisione ne considero i potenziali impatti ambientali	,370	,471
Credo che ogni persona abbia la responsabilità di migliorare l'ambiente	,370	,481
Mi rammarico per lo spreco di risorse	,390	,549
I VA aiuteranno le persone ad essere più efficaci e produttive	,568	,490
I VA saranno la soluzione per i nostri problemi di trasporto	,682	,610
Utilizzare i VA sarà un piacere	,558	,457
Penso che sarebbe utile usare un VA	,747	,760
Potrei abituarci facilmente a spostarmi con un VA	,667	,671
In certe situazioni i VA potrebbero comportarsi in maniera inaspettata	,360	,358
I VA richiederebbero attenzioni da parte mia, per dare eventuali ordini se necessari	,471	,796
Preferirei che un conducente umano potesse prendere il controllo in qualsiasi momento	,329	,324
Mi piacerebbe essere tra i primi a sperimentare un VA	,595	,516
Mi piacerebbe possedere un VA se fosse disponibile in commercio	,718	,714
Mi piacerebbe avere delle caratteristiche di automazione avanzata nella prossima auto che comprerò	,594	,569
Gestire tutte le esigenze di mobilità quotidiana	,571	,568
Ridurre la congestione stradale	,666	,653
Ridurre gli incidenti	,861	,645
Rendere le strade più sicure	,872	,687
Ridurre lo stress legato agli spostamenti	,545	,517
Diminuire il tempo di spostamento	,556	,563
Diminuire il costo di spostamento	,595	,523
Ridurre le emissioni di gas serra ed il consumo di energia	,573	,508
Le piacerebbe vivere in una città in cui i VA vengono testati in condizioni reali di traffico?	,511	,477
Tempo dello spostamento	,602	,640
Costo dello spostamento	,444	,402
Comodità	,655	,701
Flessibilità	,676	,661
Affidabilità	,625	,615
Il modo di trasporto in generale	,605	,654
Possiederei un VA e lo metterei a disposizione per essere preso a noleggio quando inutilizzato	,419	,409
Possiederei un VA e offrirei dei passaggi a persone che condividono parte del percorso	,543	,644
Approfitterei di passaggi offerti da persone/aziende/operatori che possiedono un VA	,508	,568
Noleggerei un VA fornito da una persona, da un'azienda o da un fornitore di servizio	,359	,326
Trasporto pubblico VA	,387	,343
Trasporto privato VA	,577	,551

Metodo di estrazione: Fattorizzazione dell'asse principale.

Tabella 42: Comunalità iniziali ed estratte - 29 variabili

	Iniziale	Estrazione
Quando prendo una decisione ne considero i potenziali impatti ambientali	,365	,473
Credo che ogni persona abbia la responsabilità di migliorare l'ambiente	,365	,490
Mi rammarico per lo spreco di risorse	,387	,549
Penso che sarebbe utile usare un VA	,707	,699
Potrei abituarci facilmente a spostarmi con un VA	,638	,634
In certe situazioni i VA potrebbero comportarsi in maniera inaspettata	,342	,344
I VA richiederebbero attenzioni da parte mia, per dare eventuali ordini se necessari	,457	,827
Preferirei che un conducente umano potesse prendere il controllo in qualsiasi momento	,327	,325
Mi piacerebbe essere tra i primi a sperimentare un VA	,561	,558
Mi piacerebbe possedere un VA se fosse disponibile in commercio	,711	,766
Mi piacerebbe avere delle caratteristiche di automazione avanzata nella prossima auto che comprerò	,585	,614
Gestire tutte le esigenze di mobilità quotidiana	,563	,570
Ridurre la congestione stradale	,653	,661
Ridurre gli incidenti	,857	,651
Rendere le strade più sicure	,866	,688
Ridurre lo stress legato agli spostamenti	,534	,510
Diminuire il tempo di spostamento	,550	,565
Diminuire il costo di spostamento	,585	,532
Ridurre le emissioni di gas serra ed il consumo di energia	,562	,517
Tempo dello spostamento	,595	,639
Costo dello spostamento	,440	,401
Comodità	,653	,696
Flessibilità	,674	,664
Affidabilità	,622	,614
Il modo di trasporto in generale	,601	,654
Possiederei un VA e lo metterei a disposizione per essere preso a noleggio quando inutilizzato	,378	,384
Possiederei un VA e offrirei dei passaggi a persone che condividono parte del percorso	,533	,874
Approfitterei di passaggi offerti da persone/aziende/operatori che possiedono un VA	,430	,449
I VA saranno la soluzione per i nostri problemi di trasporto	,617	,582

Metodo di estrazione: Fattorizzazione dell'asse principale.

Tabella 43: Comunalità iniziali ed estratte - 26 variabili

	Iniziale	Estrazione
Penso che sarebbe utile usare un VA	,705	,697
Potrei abituarvi facilmente a spostarmi con un VA	,637	,631
Mi piacerebbe essere tra i primi a sperimentare un VA	,555	,550
Mi piacerebbe possedere un VA se fosse disponibile in commercio	,709	,768
Mi piacerebbe avere delle caratteristiche di automazione avanzata nella prossima auto che comprerò	,584	,610
Gestire tutte le esigenze di mobilità quotidiana	,561	,564
Ridurre la congestione stradale	,652	,658
Ridurre gli incidenti	,856	,651
Rendere le strade più sicure	,866	,688
Ridurre lo stress legato agli spostamenti	,528	,508
Diminuire il tempo di spostamento	,550	,562
Diminuire il costo di spostamento	,582	,535
Ridurre le emissioni di gas serra ed il consumo di energia	,552	,515
Tempo dello spostamento	,594	,639
Costo dello spostamento	,439	,401
Comodità	,651	,696
Flessibilità	,673	,662
Affidabilità	,620	,614
Il modo di trasporto in generale	,599	,650
Possiederei un VA e lo metterei a disposizione per essere preso a noleggio quando inutilizzato	,373	,384
Possiederei un VA e offrirei dei passaggi a persone che condividono parte del percorso	,519	,870
Approfitterei di passaggi offerti da persone/aziende/operatori che possiedono un VA	,427	,449
I VA saranno la soluzione per i nostri problemi di trasporto	,614	,579
In certe situazioni i VA potrebbero comportarsi in maniera inaspettata	,334	,337
I VA richiederebbero attenzioni da parte mia, per dare eventuali ordini se necessari	,454	,831
Preferirei che un conducente umano potesse prendere il controllo in qualsiasi momento	,326	,320

Metodo di estrazione: Fattorizzazione dell'asse principale.

Appendice B2

Tabella 44: Statistiche elemento-totale per il fattore 1

	Media scala se viene eliminato l'elemento	Varianza scala se viene eliminato l'elemento	Correlazione elemento-totale corretta	Correlazione multipla quadratica	Alpha di Cronbach se viene eliminato l'elemento
I VA saranno la soluzione per i nostri problemi di trasporto	32,65	86,576	,707	,523	,910
Gestire tutte le esigenze di mobilità quotidiana	32,71	85,511	,721	,546	,909
Ridurre la congestione stradale	32,44	83,491	,777	,638	,905
Ridurre gli incidenti	31,82	88,153	,753	,850	,907
Rendere le strade più sicure	31,95	87,544	,776	,858	,905
Ridurre lo stress legato agli spostamenti	31,95	89,759	,665	,477	,912
Diminuire il tempo di spostamento	32,96	88,044	,695	,532	,910
Diminuire il costo di spostamento	33,07	88,398	,665	,571	,912
Ridurre le emissioni di gas serra ed il consumo di energia	32,65	86,680	,664	,548	,913

Tabella 45: Statistiche elemento-totale per il fattore 2

	Media scala se viene eliminato l'elemento	Varianza scala se viene eliminato l'elemento	Correlazione elemento-totale corretta	Correlazione multipla quadratica	Alpha di Cronbach se viene eliminato l'elemento
Tempo dello spostamento	20,97	38,863	,754	,582	,874
Costo dello spostamento	20,61	41,799	,592	,410	,900
Comodità	20,65	39,891	,776	,634	,871
Flessibilità	20,60	38,770	,747	,649	,875
Affidabilità	20,54	40,921	,734	,600	,877
Il modo di trasporto in generale	20,59	42,087	,755	,580	,876

Tabella 46: Statistiche elemento-totale per il fattore 3

	Media scala se viene eliminato l'elemento	Varianza scala se viene eliminato l'elemento	Correlazione elemento- totale corretta	Correlazione multipla quadratica	Alpha di Cronbach se viene eliminato l'elemento
Mi piacerebbe possedere un VA se fosse disponibile in commercio	15,71	27,902	,822	,687	,854
Mi piacerebbe avere delle caratteristiche di automazione avanzata nella prossima auto che comprerò	14,83	29,411	,724	,546	,877
Mi piacerebbe essere tra i primi a sperimentare un VA	15,62	29,045	,692	,532	,885
Potrei abituarci facilmente a spostarmi con un VA	14,92	30,379	,728	,593	,876
Penso che sarebbe utile usare un VA	14,81	30,254	,757	,622	,870

Tabella 47: Statistiche elemento-totale per il fattore 4

	Media scala se viene eliminato l'elemento	Varianza scala se viene eliminato l'elemento	Correlazione elemento- totale corretta	Correlazione multipla quadratica	Alpha di Cronbach se viene eliminato l'elemento
Possiederei un VA e offrirei dei passaggi a persone che condividono parte del percorso	5,94	6,865	,696	,486	,568
Approfitterei di passaggi offerti da persone/aziende/operatori che possiedono un VA	5,38	7,487	,577	,378	,710
Possiederei un VA e lo metterei a disposizione per essere preso a noleggio quando inutilizzato	6,49	8,532	,529	,311	,758

Tabella 48: Statistiche elemento-totale per il fattore 5

	Media scala se viene eliminato l'elemento	Varianza scala se viene eliminato l'elemento	Correlazione elemento- totale corretta	Correlazione multipla quadratica	Alpha di Cronbach se viene eliminato l'elemento
In certe situazioni i VA potrebbero comportarsi in maniera inaspettata	9,43	5,011	,468	,276	,671
I VA richiederebbero attenzioni da parte mia, per dare eventuali ordini se necessari	9,19	4,328	,640	,410	,453
Preferirei che un conducente umano potesse prendere il controllo in qualsiasi momento	8,84	4,860	,457	,256	,688

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- [1] AAA, (2019) Automated Vehicle Survey
- [2] Ajzen I., (1985) From intentions to actions: A theory of planned behaviour
- [3] Ajzen I., (1991) The Theory of Planned Behavior. Organizational Behaviour and Human Decision Processes
- [4] Ajzen I., Fishbein M., (1980) Understanding Attitudes and Predicting Social Behavior
- [5] Anas S.p.a., (2018) Smart Road, La strada all'avanguardia che corre con il progresso
- [6] Anas Smart Road, (2021) <https://www.stradeanas.it/sites/default/files/pdf/Anas-smart-road-ITA.pdf> consultato il 28/11/2021
- [7] Angi N., (2016) <https://www.autoconnesse.it/autoconnesse/i-costruttori-spiegano-le-hmi-del-futuro/> consultato il 22/11/2021
- [8] AssiNews, (2017) https://www.assinews.it/08/2017/self-driving-car-la-vera-sfida-sara-conquistare-la-fiducia-dei-consumatori/660043391/?cli_action=1641054729.957 consultato il 25/11/2021
- [9] Automobile.it, (2021) <https://www.automobile.it/magazine/come-funziona/adas-sistemi-avanzati-assistenza-guida-3382> consultato il 22/11/2021
- [10] Bettoni S., (2021) https://milano.corriere.it/notizie/cronaca/21_novembre_28/bike-sharing-milano-cosi-bici-elettriche-conquistano-strade-con-sistemi-antifurto-navigli-vietati-fd7a1948-5024-11ec-9504-b455041bff74.shtml?refresh_ce consultato il 28/11/2021
- [11] Bressa R., (2020) <https://www.lifegate.it/sharing-mobility-come-funziona-in-italia> consultato il 28/11/2021
- [12] Buonadonna M., (2018) <https://www.panorama.it/auto-guida-autonoma-chi-devono-salvare-caso-di-incidente> consultato il 26/12/2021 consultato il 25/11/2021
- [13] Cambosu D., (2020) <https://www.insuranceup.it/it/scenari/smart-mobility-cose-e-come-regge-alla-prova-del-coronavirus/> consultato il 26/11/2021
- [14] Cimpanelli G., (2018) <https://corriereinnovazione.corriere.it/cards/tutti-incidenti-auto-guida-autonoma/tesla-model-x-california.shtml> consultato il 21/11/2021
- [15] COM, (2018) <https://eurlex.europa.eu/legalcontent/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0283> consultato il 22/11/2021
- [16] Commissione Europea, (2019) The future of road transport (implications of automated, connected, low-carbon and shared mobility)
- [17] Condemi J., (2021) <https://www.internet4things.it/automotive/connected-car/> consultato il 22/11/2021
- [18] Consoli M., (2019) <https://www.abitare.it/it/design/concept/2019/08/26/auto-del-futuro-spazio-interior-design/> consultato il 25/11/2021
- [19] Crocco D., (2021) <https://www.lestradedellinformazione.it/rubriche/le-strade-della-sostenibilita/le-smart-road-nel-mondo-e-i-confronti-con-anas> consultato il 29/11/2021
- [20] Davis F.D., (1989) Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, And User Acceptance
- [21] Debernard S., Chauvin C., Pokam R., Langlois S., (2016) Designing Human-Machine Interface for Autonomous Vehicles
- [22] Desando C., (2021) <https://www.economyup.it/mobilita/smart-road-che-cosa-sono-le-strade-intelligenti-del-futuro-e-a-che-punto-siamo-in-italia/> consultato il 29/11/2021 (Decreto Smart Road)
- [23] Ecoage, (2021) <https://www.ecoage.it/auto-elettrica.htm> consultato il 25/11/2021
- [24] Energit, (2021) <https://energite.it/quanto-inquina-un-auto-elettrica/> consultato il 25/11/2021
- [25] Esposito T., (2021) <https://auto.everyeye.it/notizie/guida-autonoma-v10-tesla-ottima-model-3-spaventato-conduttore-540942.html> consultato il 29/11/2021

- [26] E-Vai, (2021) <https://www.e-vai.com/mobility-as-a-service-che-cose-e-come-funziona/> consultato il 26/11/2021
- [27] Fiat, (2021) <https://www.fiat.it/auto-ibride> consultato il 25/11/2021
- [28] Forbes, (2021) <https://forbes.it/2021/02/18/i-rischi-nascosti-dellauto-a-guida-autonoma-e-il-pericolo-dellhackeraggio/> consultato il 26/12/2021
- [29] Forbes, (2021) <https://forbes.it/2021/08/17/tesla-sotto-indagine-usa-incidenti-auto-guida-autonoma/> consultato il 26/12/2021
- [30] Hair JR. J.F., Black W.C., Babin B.J., Anderson R.E. (2009) Multivariate Data Analysis
- [31] Harland P., Staat H., Wilke H. A., (2007) Situational and personality factors as direct or personal norm mediated predictors of pro-environmental behavior: Questions derived from norm activation theory.
- [32] Ianese S., (2021) <https://www.smartius.it/digital-industry/auto-guida-autonoma-incidenti-esiste-assicurazione> consultato il 22/11/2021
- [33] Kim G.H., Pae D.S., Ahn W.J., Ko K.S., Lim M.T., Kang T.K., (2020) Vehicle Positioning System using V2X that combines V2V and V2I Communications
- [34] L'automobile, (2021) <https://www.lautomobile.aci.it/articoli/2020/08/06/guida-autonoma-un-secolo-di-storia.html> consultato il 21/11/2021
- [35] La Stampa, (2020) <https://www.lastampa.it/motori/attualita/2020/12/08/news/auto-a-guida-autonoma-pronte-tra-il-2025-ed-il-2030-secondo-diess-ceo-del-gruppo-volkswagen-1.39636238> consultato il 21/11/2021
- [36] Lombardi F., (2021) <https://www.ilgiorno.it/cronaca/monopattino-elettrico-1.6750627> consultato il 28/11/2021
- [37] Maci L., (2020) <https://www.economyup.it/mobilita/smart-mobility-che-cose-e-come-migliorerela-le-nostre-citta/> consultato il 26/11/2021
- [38] Martínez-Díaz M., Soriguera F., Pérez I., (2018) Autonomous driving: a bird's eye view
- [39] MiMoto, (2021) <http://www.comune.torino.it/torinogiovani/mimoto-servizio-di-scooter-sharing-a-torino> consultato il 28/11/2021
- [40] Ministero delle Infrastrutture e della mobilità sostenibile, (2018) Mobilità, Tonelli: con Torino all'avanguardia su guida autonoma e strade intelligenti
- [41] Mobility in progress, (2021) <https://www.mobilityinprogress.com/linnovazione-delle-comunicazioni-nellautomotive/> consultato il 23/11/2021
- [42] Morra L., Lamberti F., Praticò F.G., la Rosa S., Montuschi P., (2019) Building Trust in Autonomous Vehicles: Role of Virtual Reality Driving Simulators in HMI Design, pp- 9438-9450
- [43] Motorlabs, (2021) <https://www.tomshw.it/automotive/auto-a-idrogeno-come-funziona-e-cosa-attendarsi/> consultato il 25/11/2021
- [44] News auto, (2020) <https://www.newsauto.it/guide/adas-quali-sono-significato-2020-111281/> consultato il 23/11/2021
- [45] Newsauto, (2021) <https://www.newsauto.it/guide/auto-elettriche-prezzi-autonomia-2021-157185/#foto-23> consultato il 25/11/2021
- [46] NHTSA, (2021) <https://www.nhtsa.gov/technology-innovation/automated-vehicles-safety> consultato il 21/11/2021
- [47] Odinzov P., (2021) <https://www.lautomobile.aci.it/articoli/2020/04/30/audi-a8-niente-guida-autonoma-di-livello-3.html> consultato il 22/11/2021
- [48] Osswald S., Trosterer S., Wurhofer D., Beck E., (2012) Predicting information technology usage in the car: towards a car technology acceptance model
- [49] Pendleton S.D., Andersen H., Du X., Shen X., Meghjani M., Eng Y. H., Rus D., Ang M.H., (2017) Perception, planning, control, and coordination for Autonomous Vehicles vol. 5, no. 1

- [50] PON-Infrastrutture e Reti, (2021) <https://ponir.mit.gov.it/comunicazione/ponizionario/396-smart-road-ponizionario> consultato il 28/11/2021
- [51] Pronello C., Gaborieau J.B., (2018) Engaging in Pro-Environment Travel Behaviour Research from a Psycho-Social Perspective: A Review of Behavioural Variables and Theories
- [52] QN Motori, (2021) <http://motori.quotidiano.net/autoguidaautonoma/john-elkann-ferrari-guida-autonoma-triste.htm> consultato il 21/11/2021
- [53] Ragoni E., (2021) <https://www.gazzetta.it/motori/la-mia-auto/16-05-2021/auto-guida-autonoma-chi-piu-avanti-lo-sviluppo-410872824525.shtml> consultato il 21/11/2021
- [54] Russo S., (2021) <https://www.6sicuro.it/sicurezza/auto-guida-autonoma-dubbi-sicurezza/> consultato il 26/12/2021
- [55] Salome A., (2021) <https://www.motorionline.com/bmw-serie-7-2023-guida-autonoma-livello-3/> consultato il 22/11/2021
- [56] Schwartz S. H., (1977) Normative influences on altruism
- [57] Scurt F. B., Vesselenyi T., Tarca R.C., Beles H., Dragomir G., (2021) Autonomous vehicles: classification, technology and evolution
- [58] Sood G., (2021) <https://www.yankodesign.com/2021/08/21/honda-2040-niko-comes-with-a-tiny-ai-assistant-taking-the-car-from-a-vehicle-to-your-friend> consultato il 16/01/2022
- [59] Torchiani G., (2021) <https://www.lumi4innovation.it/vehicle-to-grid-come-funziona-quali-vantaggi/> consultato il 23/11/2021
- [60] Torino giovani, (2021) <http://www.comune.torino.it/torinogiovani/vivere-a-torino/sharing-di-monopattini-elettrici-a-torino> consultato il 28/11/2021
- [61] TorinoToday, (2021) <https://www.torinotoday.it/attualita/harvard-torino-smart-city.html> consultato il 26/11/2021
- [62] Triandis H.C., (1977) Interpersonal Behaviour
- [63] TTS Italia, (2021) <https://www.ttsitalia.it/cosa-pensano-gli-europei-delle-automobili-a-guida-autonoma-lindagine-del-progetto-ue/> consultato il 26/12/2021
- [64] Venkatesh V., Bala H., (2008) Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions
- [65] Venkatesh V., Davis F.D., (2000) A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies
- [66] Villa P., (2021) <https://www.jeniot.it/blog/stato-sperimentazione-guida-autonoma-in-italia> consultato il 29/11/2021
- [67] We transform, (2021), Success and failure factors of automation in the transport workforce – Focus Group
- [68] Zanchin B.C., Adamshuk R., Santos M.M., Collazos K. S., (2017) On the Instrumentation and Classification of Autonomous Cars

Ringraziamenti

Ringrazio in primo luogo la Prof.ssa Cristina Pronello per avermi guidato e consigliato durante questo lavoro e per essersi dimostrata sempre disponibile con suggerimenti e consigli che mi hanno fatto crescere e che mi hanno portato alla conclusione del lavoro.

Ringrazio la mia famiglia, in particolare i miei genitori che mi hanno permesso di completare il percorso universitario sempre in serenità e tranquillità.

Grazie ai miei amici e a Davide per il sostegno ed i momenti di spensieratezza.

Allegati

- Database_EFA.sav;
- Database_EFA_val1.sav;
- Database_EFA_val2.sav;
- Database_EFA2.sav;
- Database_EFA2_e_CLUSTER.sav;
- Database_VGA.sav;
- Database_VGA.xlsx;
- Database_VGA_Italia.xlsx;
- Legenda_Database_VGA.xlsx;
- Output_analisi_descrittive.sav;
- Output_Cluster_analysis.
- Output_EFA_finale;
- Output_EFA_secondo_ordine;
- Output_EFA_validazione;

