

HMI design for a self-driving car

Integrated communication between the urban environment and a vehicle

Federica Caruso

orcid: 0000-0003-4420-7532

federica.caruso@polimi.it

Venanzio Arquilla

orcid: 0000-0003-1626-0221

venanzio.arquilla@polimi.it

Flora Gaetani

orcid: 0000-0001-8171-6796

flora.gaetani@polimi.it

Fausto Brevi

orcid: 0000-0001-5116-6412

fausto.brevi@polimi.it

Politecnico di Milano,

Design Department

Tendenze sociali e tecnologiche stanno influenzando la mobilità urbana contribuendo alla trasformazione radicale del modo in cui le persone interagiscono con le città, introducendo un nuovo dinamismo urbano. L'analisi di queste tendenze ha portato alla definizione del progetto BASE5G (Broadband interFAces and services for Smart Environments enabled by 5G technologies) che mira a sfruttare il potenziale della connettività 5G per progettare ambienti urbani adattivi in cui le auto fanno parte di sistemi complessi e sono integrate nell'infrastruttura.

Il paper analizza il processo di ricerca che unisce competenze multidisciplinari e collaborazione tra il settore accademico e industriale rappresentato dal Politecnico di Milano e da aziende del settore automobilistico e tecnologico. Il processo di ricerca ha definito un nuovo scenario di design per la mobilità urbana in cui l'auto è al centro del sistema urbano iper-connesso. Obiettivo l'obiettivo della ricerca è il riprogettare gli interni e il cruscotto di un'auto elettrica a guida autonoma, e lo sviluppare un'interfaccia uomo-macchina (HMI) in base alle esigenze di un servizio di mobilità condivisa sfruttando il potenziale delle tecnologie disponibili. Con la diffusione della guida autonoma e il conseguente spostamento dell'attenzione del conducente dalla strada, l'esperienza in auto cambierà completamente. Pertanto, il progetto esplora nuove interazioni ripensando l'HMI dell'auto per fornire un'esperienza utente (UX) integrata.

Il paper presenta il processo progettuale e i risultati dalla ricerca in un contesto d'ibridazione delle competenze che funge da catalizzatore per nuovi scenari progettuali.

Social and technological trends influence urban mobility and can radically transform the way people interact with mobility, introducing a new urban dynamism. The analysis of these trends led to the BASE5G project (Broadband interFAces and services for Smart Environments enabled by 5G technologies), which aims to exploit the potential of 5G connectivity to design adaptive urban environments where cars are part of complex systems and integrated into the infrastructure.

The paper aims to analyse the research process that combines multidisciplinary competencies through a collaboration between the academic and industrial sectors represented by Politecnico di Milano and companies in the automotive and technological fields. The research process has defined a new design scenario for urban mobility in which the car is the main touchpoint. Therefore, the project result was to redesign the interior and dashboard of an electric and self-driving car, develop a human-machine interface (HMI) designed according to the needs of a shared mobility service and exploit the potential of available technologies. Under fully autonomous driving and by shifting the driver's attention away from the road, the in-car experience will change completely.

Therefore, the project explores new interactions by rethinking the car's HMI to provide a seamless user experience.

The paper presents the limitations and opportunities of the design process and highlights how research pushes the drivers of innovation and exploits a context in which the hybridisation of competencies acts as a catalyst for defining new design scenarios.

Parole chiave:

User Experience, Sharing Mobility, Autonomous Driving, Human-Machine Interface, 5G Connection.

1. Introduzione

Il settore dei trasporti, e di conseguenza l'industria automobilistica, sta cambiando rapidamente e radicalmente grazie soprattutto alle innovazioni tecnologiche che, accompagnate da cambiamenti culturali e socioeconomici, aprono le porte a nuovi scenari e diventano le basi per nuove soluzioni di mobilità (Coppola & Silvestri, 2019). Il consolidamento di queste tendenze ha influenzato la mobilità urbana e contribuito alla trasformazione radicale del modo in cui le persone interagiscono con le città, introducendo un nuovo dinamismo urbano (Riener et al., 2022).

Sempre più cruciale diventa, nel panorama odierno, la discussione sull'assetto delle aree urbane e la gestione di problemi che da queste ne conseguono. Secondo la relazione dell'ONU del 2018 entro il 2050 il 68% della popolazione mondiale vivrà in un'area urbana

(contro il 55% odierno e il 33% registrato nel 1950): per tale motivo la mobilità urbana ricopre un ruolo centrale nelle discussioni internazionali (Maldonado Silveira Alonso Munhoz et al., 2020).

In letteratura si parla di *smart mobility* termine intrinsecamente associato al più ampio concetto di *smart city*, considerato un fattore di innovazione essenziale per aumentare l'efficienza delle città e ridurre l'impatto ambientale dei sistemi di trasporto (Othman, 2022). Ad avere un importante ruolo nello sviluppo delle *smart city* è la tecnologia *Fifth-generation (5G)*, in quanto agevola le comunicazioni e contribuisce ad aumentare l'efficienza delle città grazie a dei tempi di latenza e a un consumo energetico enormemente ridotti (Arena et al., 2020). Si fa quindi riferimento a sistemi sempre più complessi e iper-connessi nei quali giocano un ruolo essenziale anche le automobili che si prevede continueranno ad essere presenti nella mobilità futura.

Oggi nel settore automobilistico la sfida maggiore è rappresentata dall'automazione dei veicoli perché, considerando che il sistema di automazione parziale di livello 3 - in cui i sistemi autonomi controllano la guida e il monitoraggio in alcune situazioni specifiche - ha già ricevuto l'approvazione normativa (Tsavachidis & Petit, 2022), la dimensione futura verso un'autonomia totale (livello 5) dei veicoli è destinata a consolidarsi. Pertanto, anche se il percorso verso la commercializzazione su larga scala rimane complesso a causa della necessità di importanti progressi infrastrutturali, tecnologici e normativi nonché della disponibilità di ingenti capitali (Möller et al., 2019) (Ferràs-Hernández et al., 2017), i veicoli a guida autonoma finiranno con il rivoluzionare il mercato automobilistico ed il concetto di mobilità.

Da tenere in considerazione è anche il già consolidato ambito delle auto elettriche che giocheranno un ruolo essenziale nella riduzione delle emissioni puntuali generate dal settore dei trasporti, tenendo presente che alcune delle barriere che ad oggi rendono le persone scettiche nei confronti di tale tecnologia potrebbero essere rimosse in pochi anni, se si risolveranno le condizioni legate alla produzione di energia elettrica e di gestione e smaltimento delle batterie. Infatti, oggi l'autonomia di guida dei veicoli elettrici è già paragonabile a quella dei veicoli ICE (*Internal Combustion Engine*) e il numero di modelli disponibili sta aumentando, indicando una domanda crescente nel mercato automobilistico, anche indotta dalle scelte politiche in questo senso (stop ai veicoli a combustione interna entro il 2035) (AGI, 2022).

Dunque, per definire le auto del panorama futuro non si può considerare un solo elemento d'innovazione, ma l'assetto del veicolo dipenderà da vari fattori tecnologici e sociali. Si parla dunque di *smart car* per delineare un concetto più ampio di veicolo, in cui l'auto non è solo elettrica (o altre tecnologie non ICE) e a guida autonoma ma è anche connessa e in grado di comunicare e scambiare dati con le infrastrutture circostanti e le persone che la utilizzano (Kirk, 2015). In questo nuovo contesto l'automobile non sarà più un semplice mezzo di trasporto ma, grazie alle nuove tecnologie, sarà in grado non solo di semplificare la vita del conducente ma anche di aumentare la sicurezza sulla strada (Arena et al., 2020). Le *smart car* offrono infatti un grande potenziale per migliorare l'efficienza sulle strade, ridurre gli incidenti stradali, aumentare la produttività e ridurre al minimo l'impatto ambientale (Ryan, 2020).

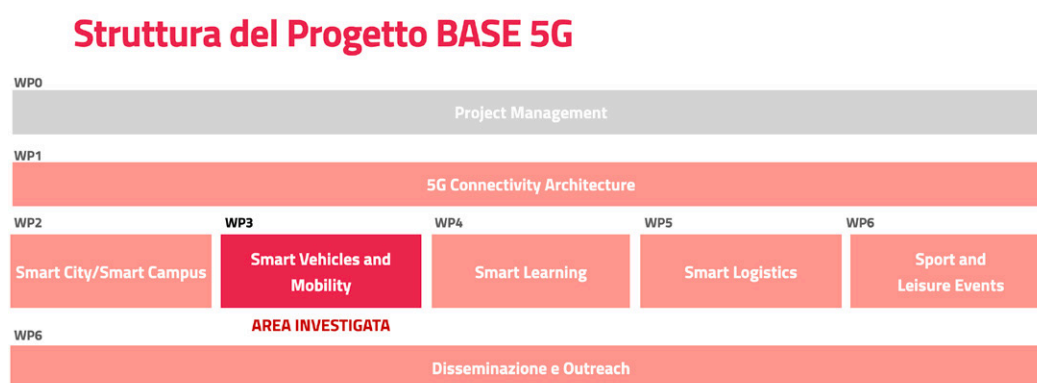
Si può affermare che l'auto del futuro non sarà un sistema chiuso, ma farà parte di un ecosistema complesso (Campisi et al., 2021) in cui risulta difficile prevedere come questi cambiamenti influenzeranno la configurazione del prodotto auto. Infatti, per i prossimi quindici anni circa la dimensione di automobile sarà ancora legata all'immaginario odierno (Ceder, 2020). Piattaforme ergonomiche strutturate per essere guidate cambiando il livello di automazione e dunque il modo di utilizzo del veicolo, consentiranno di cambiare anche la configurazione degli interni e quindi il concetto di auto andrà ripensato totalmente offrendo terreno fertile per la ricerca e la sperimentazione.

In questo contesto si articola il progetto di ricerca, oggetto di questo lavoro, che ha come motore trainante la tecnologia 5G e le sue potenzialità e il cui obiettivo finale è lo sviluppo di un'interfaccia uomo-macchina (HMI, Human-Machine Interface) per un'auto elettrica, a guida autonoma e ad uso condiviso.

2. Contesto applicativo: il progetto BASE5G

L'attività descritta si colloca all'interno di un progetto di ricerca interdipartimentale e multidisciplinare che si avvale di un ampio network di partner pubblici e privati. Il progetto BASE5G, il cui nome deriva da *Broadband interfAces and services for Smart Environments enabled by 5G technologies*, è un progetto cofinanziato dal Fondo Europeo di Sviluppo Regionale di *Regione Lombardia* e si colloca all'interno di un quadro complessivo che fa riferimento alla Strategia Europa 2020 per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva, con l'intento di promuovere un'attività di ricerca ad ampio spettro e permettere la collaborazione tra imprese ed università. Il progetto, iniziato nel 2020 e con una durata di 30 mesi, è articolato in più filoni di ricerca; l'attività descritta, pertanto, fa parte di un framework più ampio che indaga le potenzialità del 5G in vari ambiti e campi applicativi (Fig.1).

Fig. 1 - Struttura del progetto BASE5G e integrazione con i work package di progetto.



Questo filone di ricerca, coordinato dall'azienda Akkodis Technologies con la collaborazione del Dipartimento di Design, del Dipartimento di Meccanica (DMEC) e del Dipartimento di Ingegneria Gestionale (DIG) del *Politecnico di Milano* e con il supporto tecnologico di *Vodafone*, si concentra sul tema *smart vehicles and mobility* con lo scopo di indagare la mobilità del futuro in un contesto iper-connesso e di sviluppare un concept di progetto in grado di rispondere alle nuove esigenze di un futuro ormai prossimo. Il progetto nasce, quindi, da uno scenario tecnologico prestabilito (*technology driven*) e da requisiti, esigenze tecniche e barriere tecnologiche dettate dalle tecnologie disponibili ed ereditate da un *brief* progettuale con una forte impronta tecnico-ingegneristica. Il contributo del team del Dipartimento di Design è stato, pertanto, quello di provare a ribaltarne l'ottica e di esplorare le potenzialità della tecnologia per proporre soluzioni inattese usando un approccio *User/Human Centered*. Il contributo iniziale al progetto è stato quello di individuare gli elementi chiave dell'innovazione e di sfruttare il contesto di contaminazione progettuale e di ibridazione delle competenze, che fungono da catalizzatore, per l'identificazione di nuovi scenari legati alla mobilità. L'area di intervento è stata dunque sia l'interfaccia dell'auto che i modelli interattivi e gli spazi di fruizione tra utente e veicolo.

2.1 Metodologia

Il progetto è nato con un'impronta *technology-driven* tendente a creare innovazione impiegando e testando nuove tecnologie strettamente collegate al 5G. In questo contesto, il contributo inizialmente previsto per il team del Dipartimento di Design era quello di un esecutore di alcune funzioni estetiche e di rappresentazione in applicazioni consolidate che si proponevano di migliorare funzioni, già in essere in veicoli standard, solo grazie al fattore tecnologico, ragionando su logiche esclusivamente legate alla velocità e alla capacità di trasmissione dei dati del 5G. Il team di design ha proposto una revisione della struttura metodologica iniziale utilizzando un approccio di tipo meta-progettuale (Giaccardi, 2004)(Arquilla et al., 2019) che ha portato il gruppo di lavoro ad esplorare in maniera più ampia le potenzialità della tecnologia partendo da una *desk-research* sui principali trend in atto e futuri in relazione alla mobilità e al campo automotive, accompagnata da un'analisi sulle reali esigenze degli utenti in ambito urbano, trasformando di fatto il progetto da *technology-driven* a *design-driven* (Verganti, 2009).

Per fare questo il gruppo ha lavorato in modo iterativo e, partendo dal brief di progetto iniziale, ha proposto una nuova idea di veicolo definendo diversi elementi d'innovazione, provando ad andare oltre lo scenario iniziale e spingendo al limite le potenzialità tecnologiche. Il risultato è stato il concept di un nuovo veicolo, pensato fin dall'inizio in un'ottica di "*vehicle as a service*" (Berylls - making automobility viable, 2022) e di mobilità condivisa, con un'interfaccia dedicata che ha spostato l'attenzione dalle funzioni di guida a quelle di intrattenimento e lavoro, scommettendo su un nuovo modello d'interazione che vedrà nei veicoli di prossima generazione la scomparsa della plancia a favore di uno spazio libero in cui operare con l'ausilio di un'interfaccia *touchless* potenziata da un sistema *aptico* capace di dare feedback sensoriali all'utente.

Tra le richieste presenti nel bando di *Regione Lombardia* figurava quella di realizzare una dimostrazione del concept progettuale attraverso un prototipo funzionante che mostrasse le potenzialità del progetto permettendo di verificarne l'efficacia. Su questa richiesta sono emerse da subito delle difficoltà stante l'oggettiva complessità di realizzare il prototipo funzionante di un veicolo che rispondesse a pieno alle esigenze di progettazione.

La soluzione scelta per ovviare a questa problematica è stata quella di realizzare tre prototipi con caratteristiche differenti ma complementari: un prototipo realizzato in ambiente di *mixed reality* del modello di interazione dell'interfaccia che consentisse di testare il sistema aptico, simulando con schermi il parabrezza dell'auto¹; un prototipo virtuale del veicolo modellato in 3D, che ci ha permesso di visualizzarne gli interni e il cruscotto; un prototipo fisico (non oggetto di questo paper) che ha visto la trasformazione di un veicolo elettrico preesistente per adattarlo alle esigenze di progetto consentendo di verificarne alcune interazioni di sicurezza come la frenata in caso di ostacolo o il rilevamento della persona che guida il veicolo per trasferire dati e informazioni e rendere l'ambiente interno dialogante con l'esterno.

Il processo di progettazione ha coinvolto tutto il gruppo di ricerca, alternando momenti di lavoro asincrono a momenti di condivisione cui hanno fatto seguito fasi di analisi, di presa di conoscenza del tema e di sperimentazione empirica sui prototipi.

Le due aziende coinvolte nel progetto hanno preso parte alle riunioni dedicate alla progettazione: Akkodis Technologies ha contribuito, in particolare, alla parte progettuale più strettamente legata al tema *automotive* con la realizzazione del modello 3D e con la ricerca estetica sul *concept* del veicolo progettandone gli interni; Vodafone è stato il fornitore tecnologico degli apparati 5G. Il team di DMEC ha contribuito alla realizzazione del modello di interazione e del prototipo fisico dell'auto. Ogni fase di progetto è stata intervallata da momenti di confronto nei quali i vari team hanno preso parte a discussioni plenarie con lo scopo di condividere la conoscenza e di sfruttare la multidisciplinarietà del gruppo di ricerca per riflettere sulle scelte progettuali.

Il concept di progetto si è articolato su due dimensioni collegate tra loro:

Product Implementation: lavorare sul prodotto riconsiderando l'interno e il cruscotto di un'auto elettrica sulla base dei bisogni degli utenti, e ripensando l'interfaccia uomo-macchina (HMI, Human-Machine Interface).

Servitization: ripensare l'auto come elemento di un sistema integrato, parte di un servizio di mobilità urbana potenziato dal 5G e da infrastrutture interconnesse.

Il processo si è articolato in cinque fasi durante le quali la ricerca desk è stata tradotta, prima, in azione progettuale e, poi, in sperimentazione elaborando un prototipo di HMI dell'auto e un'esperienza di guida simulata.

Le fasi di lavoro (Fig. 2) sono state:

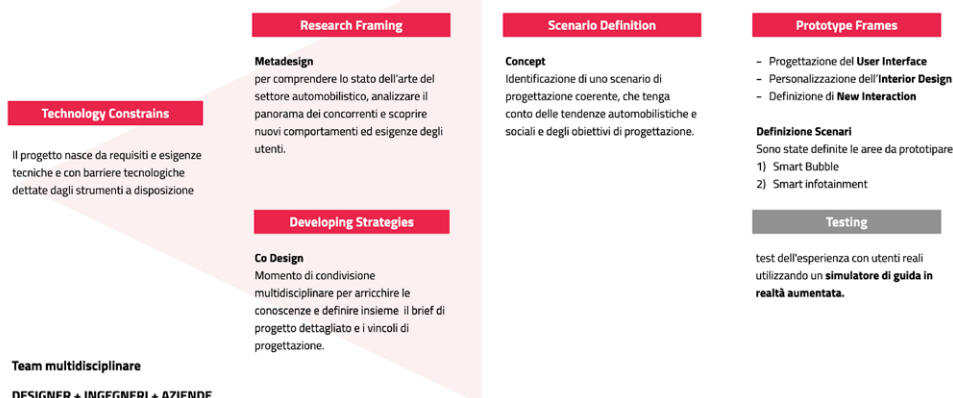
1. *Research Framing*: questa prima fase di meta-progettazione ha affrontato l'analisi dello stato dell'arte specifico con una ricerca desk, potenziata dai contributi dei partner esterni, fondamentale per comprendere le tendenze del settore automobilistico, analizzare il panorama dei concorrenti e scoprire nuovi comportamenti ed esigenze degli utenti.
2. *Developing strategies*: la seconda è consistita nello sviluppo di una strategia progettuale condivisa con tutto il gruppo di ricerca e con i partner del progetto, con lo scopo di raggiungere uno scenario di riferimento teorico unitario. Questa fase è divisa in due momenti 1) condivisione delle conoscenze e delle intuizioni raccolte dalla fase di ricerca iniziale con l'intero gruppo di ricerca 2) attività di co-progettazione durante un workshop strutturato il cui scopo è stato quello di ridefinire gli obiettivi di progetto e delineare possibili direzioni progettuali.
3. *Scenario Definition*: identificazione di uno scenario di design coerente, che tenesse conto delle tendenze automobilistiche e sociali e degli obiettivi definiti dalla strategia progettuale. In questa fase, per agevolare il dialogo con il gruppo di ricerca, è stata cruciale la definizione di una *User Journey Map* (UJ) intesa come strumento di pianificazione strategica che mettesse in relazione l'idea progettuale con i bisogni degli utenti descrivendone le azioni e progettando la risposta del servizio (Nielsen Norman Group, 2016). La UJ ha restituito un quadro dettagliato delle funzioni richieste all'auto in correlazione ecosistemica con la città sfruttando il potenziale della tecnologia 5G.
4. *Prototype Framing*: questa fase di progetto (ancora in corso) ha tradotto i requisiti progettuali e le evidenze emerse nelle fasi precedenti in un prototipo virtuale dell'interfaccia del veicolo, sviluppato lavorando in contemporanea su altri due fronti d'implementazione di prodotto; personalizzazione degli interni e implementazione di nuove modalità di interazione.
5. *Testing*: il team di ricerca sta lavorando alla fase di prototipazione per poter poi eseguire dei test con utenti, esterni al progetto di ricerca, utilizzando un simulatore di guida in realtà aumentata.

2.2 Framework progettuale

Il framework di progetto parte dal presupposto che la connettività 5G e l'integrazione tra piattaforme IoT (*Internet of Things*) trasformeranno le auto da mezzo di trasporto a vere e proprie piattaforme digitali (Lindgren, 2022). Nello scenario di progettazione la nuova connettività consentirà di ottimizzare il viaggio secondo le esigenze degli utenti tenendo conto dei fattori esterni (traffico, condizioni stradali, monitoraggio dei parcheggi ecc.) e introducendo nuovi tipi di comunicazione e scambio dati che gli esperti definiscono "*Vehicle-to-Everything*" (Arena et al., 2020). Questo tipo di comunicazione prevede, infatti,

Fig. 2 – Schema del processo e delle attività di ricerca progettuale di BASE5G.

Processo e attività di ricerca



oltre lo scambio di dati tra i veicoli, anche la comunicazione con le infrastrutture e con i device delle persone (Coppola & Silvestri, 2019).

Si fa riferimento, dunque, ad un'esperienza *seamless* in cui dialogano sistemi multi-dispositivo e in cui le *smart car* entrano a far parte dell'ecosistema di dispositivi personali degli utenti (insieme a telefoni cellulari, tablet, computer portatili, dispositivi *wearable*, device per la smart home ecc.) (Ipsos business consulting, 2020).

Si fa riferimento ad un contesto in cui i dispositivi e servizi sono integrati e collegati alle auto (Pelliccione et al., 2020) e l'utente siede al centro di un ecosistema di mobilità in grado di connettersi e coordinarsi in uno scambio, decentralizzato e proattivo, di dati che controllano e modificano le azioni di guida (Bran et al., 2021).

Inoltre, per la progettazione dell'interfaccia dell'auto di BASE5G è stata presa in considerazione, oltre l'automazione e l'elettrificazione dell'auto, anche la terza rivoluzione che impatterà il mondo del trasporto, cioè la condivisione (Agriesti et al., 2020).

Infatti, l'auto oggetto di progetto fa parte di uno scenario urbano in cui la mobilità non è più legata al viaggio del singolo individuo ma fa parte di un sistema di servizi condivisi in città. "*Mobility as a service*" (MaaS)(Global Strategy Group, 2019) è diventato il nuovo concetto di mobilità, che coinvolge e integra diversi servizi di trasporto, la cui caratteristica principale è quella di offrire ai viaggiatori soluzioni basate sulle loro reali esigenze di viaggio (Coppola & Silvestri, 2019). È una mobilità *door to door* che rivede la logica di possesso del mezzo e favorisce una condivisione del veicolo purché questa implichi il raggiungimento della destinazione in modo ottimale (Arena et al., 2020) (Hagenauer et al., 2016).

Il quadro di riferimento progettuale è dunque un servizio di sharing per la mobilità urbana nella città di Milano.

Con questi presupposti sono stati definiti due scenari di progetto:

- **Smart Bubble:** l'auto, anche se non di proprietà, per l'utente può diventare una bolla personale in cui lo spazio interno viene potenziato con i dati provenienti dall'esterno. Entrando in auto l'utente trova un ambiente in grado di collegarsi al suo mondo e alla sua identità digitale portando dentro le sue informazioni (che possono variare in base ai termini e ai consensi forniti dall'utente sulla condivisione dei dati personali e che possono comprendere informazioni riguardo gusti e preferenze ma anche condizioni mediche, posizioni lavorative, ecc.).
- **Smart Infotainment:** l'auto diventa un ambiente, non più dedicato alla guida, che permette all'utente di svolgere varie altre attività. L'auto può diventare un Smart Office cioè isolare l'utente dall'ambiente esterno creando in auto un ambiente ideale

per il lavoro o uno spazio per l'intrattenimento, Smart Environment, interagendo con il mondo esterno in modo integrato e personalizzato, fornendo informazioni dall'ambiente circostante avvalendosi della realtà aumentata.

Ad influenzare il progetto dell'interfaccia sono stati, come anticipato due diversi aspetti di progettazione e implementazione di prodotto sviluppati in contemporanea lavorando su:

- *Personalizzazione degli interni*: Questa parte di progetto, affidata alla guida del partner Akkodis Technologies ha avuto come output lo sviluppo di un concept che ripensa l'interno dell'auto partendo dal presupposto che l'automazione cambierà il ruolo del conducente e di conseguenza anche la configurazione degli interni. Infatti, grazie alla possibilità di distogliere l'attenzione dalla scena di guida il conducente diventa un "passeggero" (Trubia et al., 2020)(Bengler et al., 2020) che può svolgere azioni diverse, "il che riflette l'inevitabile trasformazione dell'auto come terzo spazio personale. Pertanto, lo spazio delle future smart car è essenzialmente uno spazio al di là del viaggio" (Liu & Tan, 2022). Questo si traduce, nel progetto Base-5G, in un nuovo modello di cruscotto che viene svuotato dal superfluo: lo sterzo diventa a scomparsa, non lo si elimina completamente ma compare automaticamente in base al livello di autonomia di guida o in base alle richieste specifiche dell'utente. Questo perché dalla ricerca, anche alla luce delle ultime evoluzioni normative, l'auto nel futuro dovrà poter passare da un livello 4 ad un livello 5, e viceversa, a seconda di specifiche situazioni: un livello 4 pensato per tutte le zone urbane e un livello 5 in corsie preferenziali o zone con infrastrutture intelligenti, *smart lane* in cui i veicoli possano viaggiare in sicurezza con un livello di autonomia di guida totale. Inoltre, si è deciso di spingere il limite dell'interazione, andando alla ricerca dei limiti tecnologici ma anche nel rispetto delle idee scaturite dalla ricerca, su un *full window head-up display* che integra l'interfaccia del veicolo al parabrezza dell'auto eliminando tutti gli altri display. Con la consapevolezza dei limiti tecnologici attuali della scelta, la decisione nasce dal voler ridurre la complessità data da forme di visualizzazione diverse (Liu & Tan, 2022) sperimentando e analizzando soluzioni progettuali di un'interfaccia pensata per adattarsi all'*head-up display* che vuole anche provocare possibili sviluppi tecnologici legati ai materiali e alle tecnologie di proiezione.
- *Implementazioni di nuove modalità di interazione*: la progettazione della modalità di interazione, sviluppata in collaborazione con il team di DMEC sperimenta una dimensione *touchless*. Essendo l'auto pensata per un servizio di mobilità condivisa e progettata in tempi di pandemia si è optato per eliminare non solo tutti i sistemi di controllo fisici ma anche la possibilità di interagire con schermi *touch*. La soluzione che è stata sperimentata prevede l'interazione attraverso un sistema di controllo aptico gestuale. L'uso della gestualità implica la sfida di uno sforzo cognitivo e di un processo di apprendimento lungo (Kun et al., 2016); per ridurre questa fonte di possibile criticità, si è sfruttato il potenziale della tecnologia (STRATOS Inspire Haptic Module) per rendere la gestualità d'interazione più simile possibile ai gesti naturali optando per un richiamo specifico a modelli di interazione fisici. La gestualità è inoltre supportata da un sistema di feedback aptico che ha lo scopo di migliorare l'efficienza e ridurre il carico cognitivo dell'utente quando interagisce con l'interfaccia (Liu & Tan, 2022) fornendo una sensazione di "tocco" anche se non è presente nessun elemento fisico. Infine, si è optato per una soluzione multimodale, in cui l'utente può scegliere tra le due modalità di interazione: controllo gestuale o controllo vocale. Le interazioni multimodali possono ridurre le distrazioni del guidatore e il tempo di reazione in caso di pericolo, inoltre la combinazione di feedback ed interazioni differenti possono adattarsi meglio alle esigenze dell'utente e quindi alleviare lo stress cognitivo (ibid.). Il modello di interazione

touchless e l'uso del sistema aptico costituiscono, pertanto, gli elementi caratterizzanti il progetto. Il gruppo di ricerca ha puntato sulla sperimentazione di questo sistema di interazione per poterne valutare l'efficacia e capirne il potenziale per applicazioni future.

2.3 User Interface

L'interfaccia ha seguito un progetto iterativo che, grazie a programmi di prototipazione rapida e alla collaborazione con il Dipartimento di Meccanica, ha permesso una continua sperimentazione testando l'interfaccia sul prototipo virtuale e agendo sulla progettazione seguendo un vero e proprio processo di *making and testing*.

Come già anticipato, l'interfaccia *full window head-up display* è proiettata, e pertanto visibile, direttamente sul parabrezza e l'interazione (UX) avviene utilizzando un sistema di feedback aptico o/e un assistente vocale.

La sfida maggiore è stata organizzare le informazioni su uno schermo unitario, informazioni che solitamente sono dislocate su più schermi presenti nell'auto.

Sono state sperimentate diverse ipotesi di architettura informativa e di *user interface* (UI) che, una volta testate, hanno permesso di definire la posizione ottimale delle informazioni sul parabrezza e la resa stilistica più coerente (Fig. 3).

Questa fase ha permesso di definire la tipologia e il flusso di informazioni necessarie da mostrare all'utente e di lavorare sulla proattività dell'interfaccia.

Per quanto riguarda l'architettura informativa, la sfida progettuale è stata quella di ridurre al minimo le informazioni sullo schermo liberando l'interfaccia da tutti i tecnicismi e dalle informazioni che un utente proprietario di auto normalmente vuole conoscere e monitorare ma che risultano superflue in un veicolo condiviso (come le informazioni di stato dell'auto, che sono state ridotte al minimo nella soluzione finale e che saranno inviate direttamente al gestore del servizio oppure trasmesse solo all'occorrenza). Per ridurre il carico cognitivo e far visualizzare sull'interfaccia solo le informazioni necessarie nel momento necessario si è optato per una proattività del sistema che, in caso di situazioni

Fig. 3 - Evoluzione dell'interfaccia verso una crescente integrazione con l'ambiente esterno.



specifiche, è in grado di cambiare la propria configurazione. La gerarchia e l'organizzazione dell'interfaccia deve seguire una divulgazione progressiva delle informazioni, partendo da una visualizzazione semplice e pulita, con una panoramica delle operazioni, per poi andare in contenuti di maggiore complessità e dettagli man mano che gli utenti si addentrano nella navigazione dell'interfaccia (Rockwell Automation, 2018). Da qui nasce la diversificazione tra livello 4 (Fig. 4), che richiede l'intervento dell'utente alla guida e quindi un'interfaccia poco invasiva, e livello 5 per il quale si è pensata una soluzione immersiva (Fig. 5). Tenendo conto di queste riflessioni le informazioni sono state raggruppate in tre cluster principali:

1. *Driving Info*: che comprende informazioni sulla velocità, sulla modalità di guida e sullo stato del veicolo. Questa sezione essendo l'area più vicina al campo visivo dell'utente è anche l'area destinata ai messaggi di allarme;
2. *Navigation Info*: racchiude in una mappa interattiva, le informazioni sulla direzione, sul traffico e sulla destinazione da raggiungere, costituendo il luogo della rassicurazione dell'utente; mostrandogli il percorso e la situazione generale della viabilità, l'utente tendenzialmente si fida di più del veicolo;

Fig. 4 - Architettura informativa dell'interfaccia di livello 4 di autonomia che richiede l'intervento dell'utente alla guida e quindi una soluzione meno invasiva e distraente possibile.

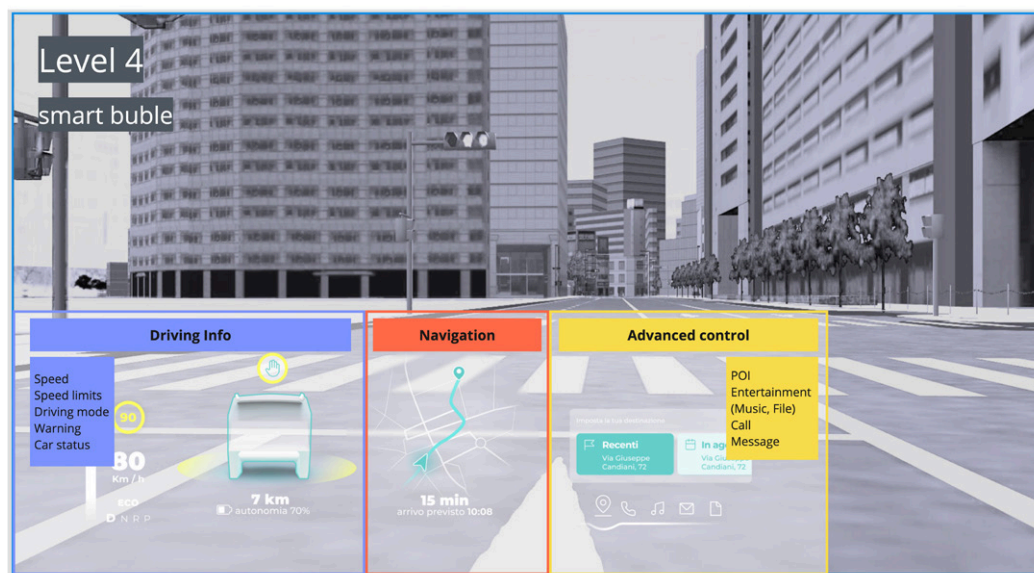
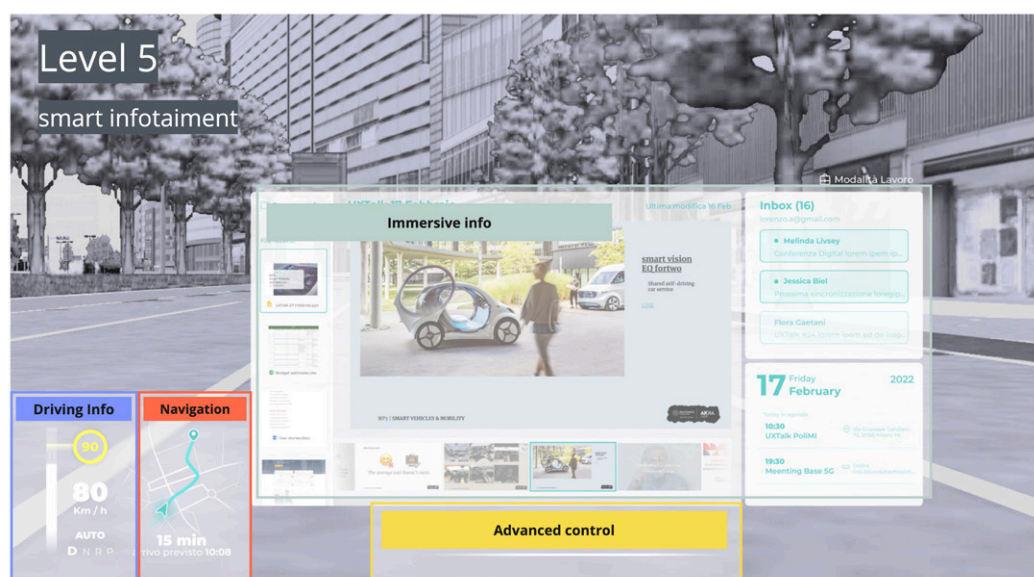


Fig. 5 - Architettura informativa della modalità immersiva per un livello 5 di autonomia.



3. *Advanced control*: che, attraverso un menù esplorativo, permette di navigare tutte le altre funzioni dell'auto, dall'HVAC (*heating, ventilation and air conditioning*), al sistema di comunicazione e all'infotainment. La sezione, inoltre, si espande ulteriormente nel caso di livello 5 o comunque nelle fasi di guida completamente autonoma.

La progettazione della UI ha rispettato il flusso informativo e la volontà di minimalismo, prestando però attenzione a garantire le informazioni minime necessarie all'orientamento e alla rassicurazione dell'utente che si troverà, in un primo momento, in una situazione diversa e che dovrà abituarsi al modello di interazione proposto. A supporto dell'utente nell'interazione *touchless* una particolare importanza ha il feedback aptico ma anche alcune scelte di progettazione della UI sono state adottate per agevolare tale processo. In quest'ottica, nel simulatore di guida il sistema *UltraHaptics* fornisce un feedback ogni volta che il gesto viene eseguito correttamente dall'utente e allo stesso modo l'interfaccia si anima cambiando il suo stato "rispondendo" al gesto. Nella scelta della posizione degli elementi dell'interfaccia è stata mantenuta una diretta corrispondenza tra informazioni mostrate su *head-up display* e i gesti necessari per richiamare l'elemento.

Nella Figura 6 si può vedere, per esempio, come per rispondere alle esigenze della *gesture "grid interaction"* che consente agli utenti di selezionare le informazioni sul parabrezza muovendo la mano su una griglia virtuale, gli elementi del sottomenu dell'interfaccia siano stati progettati per mantenere una corrispondenza con la griglia virtuale.

Nelle prime sperimentazioni di interfaccia è stato adottato un approccio conservativo rifacendosi alla dimensione stilistica delle car app attuali mentre, dopo i primi test, si è optato per una direzione che, prendendo ispirazione dal mondo dei video giochi, sfruttasse maggiormente la realtà aumentata e le potenzialità di trasparenza dell'*head-up display* permettendo dunque un dialogo continuo con l'ambiente esterno, sfruttando anche la velocità e le potenzialità della connessione 5G.

Le informazioni dell'auto vengono fornite da una proiezione grafica del veicolo sull'interfaccia, una riproduzione in miniatura dell'auto che segue la marcia e permette all'utente di verificarne proattivamente lo stato in relazione con l'ambiente.

La realtà aumentata viene sfruttata anche per accrescere la dimensione immersiva e la connessione con la *smart city* dell'auto; infatti, l'utente riceve informazioni dall'esterno con una mappatura puntuale sugli edifici circostanti. Sono previsti due tipi di immersività, una chiusa verso l'esterno, nel caso in cui l'utente evoluto abbia piena fiducia nella tecnologia e nel mezzo e voglia *privacy* per poter svolgere le proprie funzioni (es. Ufficio in mobilità) e una che propone un'integrazione proattiva con la città, destinata ad utenti meno avvezzi alla tecnologia o maggiormente interessati alla città come i turisti (Fig. 6).

Durante la definizione della UI del *full window head-up display* sono state effettuate analisi di accessibilità testando colori e verificando contrasti in ambiente virtuale. La progettazione del *design system* segue le logiche di accessibilità, evolute per rendere coerente l'interfaccia con il metodo di interazione e con le *gesture* associate.

L'idea è che l'utente, grazie al 5G, possa portarsi nel veicolo la propria identità digitale e le informazioni ad essa associate permettendo così una personalizzazione dell'interfaccia oltre all'integrazione con i propri dispositivi e con il proprio spazio in cloud.

L'auto già oggi è passata da un concetto di standardizzazione a quello di una personalizzazione capillare del veicolo e dell'esperienza (Ryan, 2020), e questo ha una ripercussione diretta soprattutto sull'interfaccia, che cambia configurazione e che consente l'accesso ai dati in base alle preferenze di ogni singolo utente.

Il gruppo di ricerca sta predisponendo un prototipo in *mixed reality* (Businesswire, 2022), ovvero che permetta un'interazione aptica reale su un simulatore dove la città ed il veicolo sono di fatto in VR, per poter verificare con diverse tipologie di utenti le intuizioni emerse dalla ricerca.

Intento principale della fase di sperimentazione sarà quello di verificare la modalità di

Fig. 6 – Interfaccia del simulatore di guida che mostra la comunicazione attiva con la città grazie alla realtà aumentata e immersiva che sfrutta l'ampiezza del parabrezza.



interazione a gesti con feedback aptici per comprenderne meglio i limiti e le potenzialità raccogliendo informazioni che consentano di comprendere la reale applicabilità di tali tecnologie.

L'introduzione di nuove tecnologie sta infatti già cambiando significativamente il modo con cui interagiamo con i veicoli rispetto a come siamo stati abituati con modalità sostanzialmente invariate da oltre 100 anni.

Il test consisterà in un percorso simulato in cui l'utente potrà interagire con delle proiezioni su dei monitor che simuleranno lo scenario più realistico possibile, utilizzando lo *STRATOS Inspire Haptic Module* come unica interfaccia. Non sarà testato il comando vocale perché si ritiene che questa tecnologia, fatti salvi i limiti di calcolo attuali, sia già molto avanzata e consolidata.

3. Conclusioni

Il progetto ha messo in luce come la ricerca, partendo da una dimensione *technology-driven*, possa ribaltare l'ottica di progettazione e esplorare possibili scenari inizialmente non previsti percorrendo una dinamica *tipicamente design-driven*, in cui il design è chiamato a costruire una visione che, dal punto di vista tecnico e tecnologico, possa essere applicata dall'industria nel momento in cui la tecnologia sarà sufficientemente matura o che dall'industria possa essere esplorata per andare ad implementare e/o ad integrare nuove tecnologie.

Per il raggiungimento degli obiettivi della ricerca è stato fondamentale l'approccio interdisciplinare, che ha permesso anche di esplorare il ruolo del design all'interno di un gruppo di ricerca interdisciplinare. Il processo adottato ha messo in luce il duplice ruolo dei designer, in grado di essere figura esperta in grado di raccogliere informazioni in poco tempo in un settore specifico ma, allo stesso tempo, di essere mediatore e coordinatore degli aspetti strategici del progetto.

L'ambito automobilistico ha permesso di mettere in pratica un approccio metodologico strategico, in grado di prevedere e descrivere scenari futuri, sostenendo processi di innovazione radicale ma anche lavorando e stressando i limiti progettuali in un contesto di innovazione spesso solo incrementale. Le nuove tecnologie non solo possono integrare e migliorare le esperienze attuali in un'ottica prestazionale (es. miglioramento della velocità nei feedback) ma possono essere adottate per nuove esperienze d'uso che potrebbero generare risposte inattese ai rinnovati bisogni degli utenti. Quello che viene di fatto definito innovazione di significato (Donald A. Norman, 2014).

L'esperienza presentata conferma anche il rinnovato ruolo del design in relazione alla tecnologia. Adottando un approccio abducente e di ridduzione delle premesse, anche nei contesti più tecnologici, si può generare una dimensione dell'innovazione più umana/umanizzata e potenzialmente innovativa. La collaborazione multidisciplinare in contesti così complessi come quelli dell'automotive UX evidenzia come i profili professionali specifici possano beneficiare reciprocamente di una contaminazione. L'approccio ingegneristico può beneficiare di una competenza più legata al design per rompere gli

schemi classici dell'adozione delle tecnologie; allo stesso tempo i designer, diventando più consapevoli delle potenzialità tecnologiche, possono sperimentare alcune idee innovative che spesso restano troppo concettuali. In questo senso l'esperienza di questo progetto dimostra come, per generare innovazione, oggi serva un complesso mix di competenze, difficilmente riscontrabile in un unico profilo, che riguarda tanto le competenze di design, in grado di comprendere le necessità dell'utente trasformandole in opportunità, quanto quelle di marketing, riferibili al cosiddetto Design Thinking ovvero a quella capacità di conoscere il mercato e di rinnovare le dimensioni del prodotto servizio in ottica di *business model*, e quelle tecnologiche, in una dimensione computazionale in grado di comprendere le potenzialità e le opportunità legate a tecnologie che diventano sempre più accessibili (Maeda, 2018).

I risultati di questo progetto di ricerca hanno rappresentato un primo momento di sperimentazione che, al netto dei riscontri provenienti dalla fase di test attualmente in corso, ci portano a credere che i concetti di *Smart Bubble* e di *Smart Infotainment*, così come il *Full Window Head-up Display*, il concetto di veicolo senza plancia e l'interazione *touchless*, possano trovare spazio nella progettazione industriale dei veicoli di un futuro prossimo. Nello specifico sono stati adottati nuovi modelli di collaborazione e sono stati utilizzati nuovi dispositivi HW e SW integrando competenze che hanno fatto emergere nuovi ambiti e nuove opportunità in grado di migliorare e rinnovare il profilo professionale dei designer, e dei car designer in particolare, integrandolo con competenze di UX, Interaction Design e Computational Design.

Bibliografia

- AGI, A. I. (2022). *Stop alle auto a benzina e diesel in Europa dal 2035. Per i costruttori è troppo presto*. <https://www.agi.it/estero/news/2022-06-08/ue-parlamento-europeo-approva-stop-motori-termici-da-2035-17023470/>
- Agriesti, S., Brevi, F., Gandini, P., Marchionni, G., Parmar, R., Ponti, M., & Studer, L. (2020). *Impact of Driverless Vehicles on Urban Environment and Future Mobility*. *Transportation Research Procedia*, 49, 44–59. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.09.005>
- Andreas Riener, Myoungsoon Jeon, I. A. (2022). *User Experience Design in the Era of Automated Driving*. In *Studies in Computational Intelligence*. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-77726-5>
- Arena, F., Pau, G., & Severino, A. (2020). An Overview on the Current Status and Future Perspectives of Smart Cars. *Infrastructures*, 5(7), 53. <https://doi.org/10.3390/infrastructures5070053>
- Arquilla, V., Simonelli, G., Genco, D., & Guaricci, F. (2019). *Innovative Learning in Metadesign. an Inclusive and on Field Didactic and Research Approach for Designing Meaningful Products and Services for Autistic People*. *INTED2019 Proceedings*, 1, 8983–8992. <https://doi.org/10.21125/inted.2019.2236>
- Bengler, K., Rettenmaier, M., Fritz, N., & Feierle, A. (2020). *From HMI to HMIs: Towards an HMI Framework for Automated Driving*. *Information*, 11(2), 61. <https://doi.org/10.3390/info11020061>
- Berylls - making automobility viable. (2022, January). *Vehicle-as-a-service: from vehicle sales to customer and vehicle lifetime value management*.
- Bran, E., Bautu, E., Sburlan, D. F., Puchianu, C. M., & Popovici, D. M. (2021). Ubiquitous Computing: Driving in the Intelligent Environment. *Mathematics*, 9(21), 2649. <https://doi.org/10.3390/math9212649>
- Businesswire. (2022). *Toyota Material Handling Partners With VR Vision to Develop Training Resources Using Virtual Reality Technology*.
- Campisi, T., Severino, A., Al-rashid, M. A., & Pau, G. (2021). The Development of the Smart Cities in the Connected and Autonomous Vehicles (CAVs) Era: From Mobility Patterns to Scaling in Cities. *Infrastructures 2021, Vol. 6*, Page 100, 6(7), 100. <https://doi.org/10.3390/INFRASTRUCTURES6070100>
- Ceder, A. (Avi). (2020). *Urban mobility and public transport: future perspectives and review*. <https://doi.org/10.1080/12265934.2020.1799846>, 25(4), 455–479. <https://doi.org/10.1080/12265934.2020.1799846>
- Coppola, P., & Silvestri, F. (2019). *Autonomous vehicles and future mobility solutions*. In *Autonomous Vehicles and Future Mobility* (pp. 1–15). Elsevier. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128176962000019>
- Donald A. Norman, R. V. (2014). *Incremental and Radical Innovation: Design Research vs. Technology and Meaning Change*. 30(1). <https://doi.org/10.1162/DESI>
- Ferràs-Hernández, X., Tarrats-Pons, E., & Arimany-Serrat, N. (2017). Disruption in the automotive industry: A Cambrian moment. *Business Horizons*,

- 60(6), 855–863. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2017.07.011>
- Giaccardi, E. (2004). Principles of Metadesign: Processes and Levels of Co-Creation in the New Design Space. *Leonardo Electronic Almanac*, 12(10), 4. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=asx&AN=22277601&site=eds-live>
- Global Strategy Group. (2019). *Mobility 2030: Transforming the mobility landscape*. http://files/174002/2019_Mobility2030.pdf
- Hagenauer, F., Dressler, F., Altintas, O., & Sommer, C. (2016). *Cars as a main ICT resource of smart cities*. In *Smart Cities and Homes* (pp. 131–147). Elsevier. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128034545000079>
- Kirk, R. (2015). *Cars of the future: the Internet of Things in the automotive industry*. *Network Security*, 2015(9), 16–18. [https://doi.org/10.1016/S1353-4858\(15\)30081-7](https://doi.org/10.1016/S1353-4858(15)30081-7)
- Kun, A. L., Boll, S., & Schmidt, A. (2016). Shifting Gears: User Interfaces in the Age of Autonomous Driving. *IEEE Pervasive Computing*, 15(1), 32–38. <https://doi.org/10.1109/MPRV.2016.14>
- Lindgren, T. (2022, February 1). *Experiencing Electric Vehicles: The Car as a Digital Platform*. Hawaii International Conference on System Sciences. <https://doi.org/10.24251/HICSS.2022.062>
- Liu, A., & Tan, H. (2022). *Research on the Trend of Automotive User Experience* (P.-L. P. Rau (ed.); pp. 180–201). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-06053-3_13
- Maeda, J. (2018). *Design in Tech Report 2018*. *Kleiner Perkins Caufield & Byers*.
- Maldonado Silveira Alonso Munhoz, P. A., da Costa Dias, F., Kowal Chinelli, C., Azevedo Guedes, A. L., Neves dos Santos, J. A., da Silveira e Silva, W., & Pereira Soares, C. A. (2020). Smart Mobility: The Main Drivers for Increasing the Intelligence of Urban Mobility. *Sustainability*, 12(24), 10675. <https://doi.org/10.3390/su122410675>
- Möller, T., Padhi, A., Pinner, D., & Tschiesner, A. (2019). *The future of mobility is at our doorstep*. *McKinsey Center for Future Mobility*, 115. <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/the-future-of-mobility-is-at-our-doorstep#>
- Nielsen Norman Group. (2016). *UX Research, Training, and Consulting*. <https://www.nngroup.com/articles/customer-journey-mapping/>
- Othman, K. (2022). Multidimension Analysis of Autonomous Vehicles: The Future of Mobility. *Civil Engineering Journal*, 7, 71–93. <https://doi.org/10.28991/CEJ-SP2021-07-06>
- Pelliccione, P., Knauss, E., Ågren, S. M., Haldal, R., Bergenhem, C., Vinel, A., & Brunnegård, O. (2020). Beyond connected cars: A systems of systems perspective. *Science of Computer Programming*, 191, 102414. <https://doi.org/10.1016/J.SCICO.2020.102414>
- Ryan, M. (2020). The Future of Transportation: Ethical, Legal, Social and Economic Impacts of Self-driving Vehicles in the Year 2025. *Science and Engineering Ethics*, 26(3), 1185–1208. <https://doi.org/10.1007/s11948-019-00130-2>
- Rockwell Automation. (2018). *Process HMI Style Guide White Paper*
- Trubia, S., Severino, A., Curto, S., Arena, F., & Pau, G. (2020). *Smart Roads: An Overview of What Future Mobility Will Look Like*. *Infrastructures*, 5(12), 107. <https://doi.org/10.3390/infrastructures5120107>
- Tsavachidis, M., & Petit, Y. Le. (2022). *Re-shaping urban mobility – Key to Europe’s green transition*. *Journal of Urban Mobility*, 2(December 2021), 100014. <https://doi.org/10.1016/j.urbmob.2022.100014>
- Verganti, R. (2009). *Design Driven Innovation: An Introduction*. *Design-Driven Innovation: Changing the Rules of Competition by Radically Innovating What Things Mean*, 1–18.