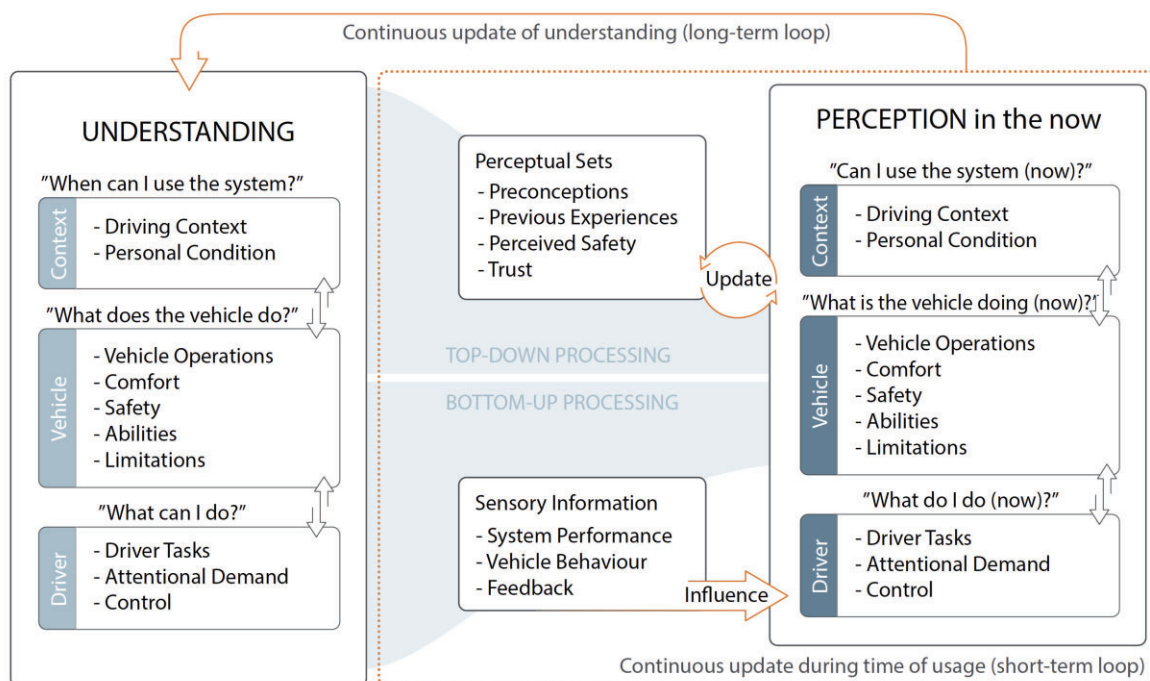


Semi-autonom körning och dess påverkan på mod-medvetenhet och användarupplevelse

Publik rapport



Författare: Casper Wickman and Fjollë Novakazi

Datum: 2002-11-01

Projekt inom Ansökan inom FFI - Elektronik, mjukvara och kommunikation

FFI Fordonsstrategisk
Forskning och
Innovation

VINNOVA

Energimyndigheten

TRAFIKVERKET

FKG

VOLVO

SCANIA

VOLVO

Innehållsförteckning

1 Sammanfattning	3
2 Executive summary in English.....	3
3 Bakgrund.....	5
4 Syfte, forskningsfrågor och metod	5
5 Mål	11
6 Resultat och måluppfyllelse	11
7 Spridning och publicering	12
7.1 Kunskaps- och resultatspridning	12
7.2 Publikationer.....	13
8 Slutsatser och fortsatt forskning	14
9 Deltagande parter och kontaktpersoner.....	15

Kort om FFI

FFI är ett samarbete mellan staten och fordonsindustrin om att gemensamt finansiera forsknings- och innovationsaktiviteter med fokus på områdena Klimat & Miljö samt Trafiksäkerhet. Satsningen innebär verksamhet för ca 1 miljard kr per år varav de offentliga medlen utgör drygt 400 Mkr.

Läs mer på www.vinnova.se/ffi.

1 Sammanfattning

Detta projekt har utforskat interaktion mellan människa och automation för körning med körstödssystem med olika nivåer av automatisering. Syftet med projektet är att bidra till förståelsen av faktorer som påverkar förarnas mode-medvetenhet och förståelse för körstödssystemet. Frågeställningen är fortsatt högintressant inom bilindustrin då introduktionen av fullt självkörande bilar börjar bli verklighet och det kommer bidra till ytterligare ett ändläge i termer av automatiseringsmoder som förare skall förhålla sig till när det gäller förståelse och ansvarsfördelning. Projektet har varit ett samarbete mellan Volvo Cars och avdelningen för Design & Human Factors på Institutionen för industri- och materialvetenskap på Chalmers tekniska högskola.

Inom projektet har det genomförts tre större studier och en omfattande litteraturstudie. Två av studierna har genomförts på allmän väg med Wizard of Oz teknik där föraren kan försättas i olika grader av automatisering hela vägen upp till helt självkörande mode. Studierna har varit väldigt omfattande då användandet av Wizard of Oz på allmän väg som testmetod är ytterst komplex och kräver omfattande förberedelser för att genomföras. Dessutom genomfördes en av studierna i USA vilket ytterligare adderar ett lager av komplexitet.

Utfallet för projektet har varit väldigt framgångsrikt för båda inblandade parter. Även om det förekommit vissa justeringar i utförandet i jämförelse med ansökan så har målet med projektet bibehållits och uppfyllts. Samtliga av de leveranser som specificerades i ansökan har levererats och generellt har leveranserna överstigit förväntningarna. När det gäller publikationer till exempel så var ansatsen 5-10 publikationer och utfallet landade på 13 stycken exklusive licentiatavhandling. Projektet har resulterat i förståelse av mekanismerna som orsakar mode-förvirring, föreslagit modell för hur mode-förvirring uppkommer och levererat en verktyglåda för designers och utvecklare för att designa för mode-förståelse.

Resultaten som projektet medfört är direkt nyttiga för Svensk industri och kommer att omsättas i utvecklingen av både semi-autonoma funktioner samt för utformning av människa-maskin gränssnitt. Dessutom är utvecklade metoder handgripliga och har redan implementerats som del av utvecklingen på Volvo Cars. Projektet har både lyft frågeställningen om mode-förvirring samt skapat förståelse av mekanismerna till att det uppstår.

Då projektet har levererat enligt uppsatta mål i ansökan så har även de målen kopplade till FFI och programmets delmål uppfyllts. Projektet har bidragit till ökad förståelse för orsakerna för mode-förvirring samt skapat metoder för hur problemet kan mitigeras under utvecklingsfaser.

Stor del av åtgärderna för att öka mode-förståelse baseras på designen av de digitala gränssnitten i bilen vilket ligger i linje med programmålen. Projektet har i synnerhet bidragit till utvecklingen av säkra automatiserade fordon och därigenom stärka svensk fordonsindustris konkurrenskraft men också till programmets mål om människa-maskin interaktion i termer av ny kunskap och metoder.

2 Executive summary in English

Function development in the automotive industry is accelerating towards a high level of automation. The ambition from the industry is to provide autonomous driving (AD) in growing contexts. In the future of AD vehicles, advanced driver support systems (ADAS) will still be available, which means that the driver needs to understand the difference in performance between modes ranging from longitudinal support to full AD.

The aim of this project is to explore human-automation interaction for driving with driving automation systems. The project contributes to the understanding of factors influencing the drivers' mode awareness and understanding of driving automation systems. To support a problem-solving approach and motivate manufacturers to adopt a human-centric perspective for the development of driving automation systems, the causes of mode confusion during the

interaction with a driving automation system need to be understood. The intention is to generate an understanding that can guide future design decisions when developing automated vehicle technologies.

This work relies primarily on empirical research to answer the research questions and is split in two parts. The first part aimed to identify the factors influencing the driver's perception and their consequent understanding of driving automation systems and comprises the basis for the second part of this thesis. The second part of the thesis aims to describe and understand mode confusion and its causes and outline how designers and developers of driving automation system can design systems supporting mode awareness, in order to create a positive user experience.

In the first part of the project, a conceptual model describing the process of how perception influences understanding in the interaction with driving automation systems was developed. The development of the model is described in detail in the Licentiate Thesis Novakazi (2020). The model shows that the users of driving automation systems, independent of the level of automation, talked about the systems by referring to different elements: the Context, the Vehicle, and the Driver. In addition, eleven recurring aspects describing the drivers' understanding of an automated system were discerned. Furthermore, seven factors were identified that influence how drivers perceive driving automation during usage. The seven factors are Preconceptions, Previous Experiences, Perceived Safety, Trust, System Performance, Driving Behaviour and Feedback from the vehicle, see figure 1.

The second part of this work is organized in three empirical studies: Study 1, Study 2, and Study 3, as well as a literature study. The results of the literature study were a conceptual model describing mode confusion and its sources (Figure 2). The conducted conceptual literature review shows that mode confusion is generally described as a phenomenon where the action is correctly executed, but it is executed in a falsely classified driving mode. It emerged that mode confusion was described interchangeably as a 'mode error', 'mode ambiguity' and 'automation surprise'.

Study 1 utilized observations and in-depth pre- and post-interviews during an on-road driving session with a Wizard-of-Oz vehicle to gain insights into how users experience the use of, and how they build an understanding of, a vehicle with multiple levels of automation (Level 2 and Level 4). The results from this study supported a deeper understanding of the factors influencing mode awareness, as well as informed the presented model.

Study 2 was a design use case study with practitioners and built upon the knowledge gathered by developing the conceptual model presented in Figure 1. During three workshops, six practitioners participated in an iterative use case study. The design use case had as a goal to develop a user interface for a vehicle that offers several driving modes and aimed to enhance mode awareness of the driver. The learnings from this study, supported the development of a design toolkit which can be used for the design of driving automation systems.

Study 3 was an on-road observation study utilizing a Wizard-of-Oz vehicle in an A/B-test setup, facilitating in-depth interviews after the drive, as well as a questionnaire based on the developed model. The compared interfaces are the interface used in Study 1 and the one created in Study 2 with the help of the model. The results from this study were analysed aiming to answer the main research question of the thesis, consolidating, and validating the gathered knowledge.

A "Design for Perception" – Toolkit was developed in the project. The toolkit consists of different parts, which serve as a guide for the design and development of driving automation systems throughout different stages of the process. The toolkit can be accessed and used in different formats, depending on the type of work and phase it is being used in.

The contribution of this work presents a novel way of defining the phenomenon of mode confusion. The understanding that mode confusion is a symptom that manifests as a breakdown or mismatch in understanding of the driving automation system, caused by design not adapted to human cognition, enables designers and developers of driving automation systems to apply

focused design interventions. The Design for Perception toolkit serves as a common ground which aligns motivations and targets of software developers, interaction designers and strategists with regulations.

The results from the project have been disseminated through academic journal publications and conference contributions. The project also contained several master thesis projects that also contributed to distribution of results. The result has been widely spread within Volvo Cars among departments contributing to development and design of advanced driver support functions. The "Design for Perception" – toolkit has been implemented at Volvo Cars as a support tool for function development.

The project has met all parts expectations regarding results. The most significant results for continuous development of automated vehicle are the gained knowledge about the mechanisms of mode confusion. New knowledge enables aspects of mode confusion to be considered in the development of advanced driving support systems to reduce the source of rather than mitigating the effects of mode confusion. Automated systems should be designed for mode awareness.

3 Bakgrund

Funktionsutvecklingen inom bilindustrin går i accelererande fart mot en högre grad av automation i produkterna. Branschens outtalade vision är bilar med kapacitet att vara helt självkörande, autonomous drive (AD), i alla delar av körningen. På vägen till den helt självkörande bilen kommer användarna passera och leva i ett område med varierande grad av automation, semi-autonomous mode. Bedömningen är att de helt självkörande bilarna ligger tillräckligt långt in i framtiden så att manuell- och semi-autonomous mode förblir en betydande del av bilkörningen för överskådlig framtid. Detta gäller i synnerhet för olika delar av världen då infrastruktur i olika grad inte kommer att medge fullt självkörande fordon. I takt med utveckling av semi-autonomous mode skapas samtidigt potentiellt en förmåga att avlasta och frigöra kapacitet hos föraren då mindre fokus och energi behöver läggas på köruppgiften. Detta ligger i linje med Volvo Cars (VCC) strategiska mål att ge tillbaka en veckas kvalitetstid per år och ny bil från och med 2025.

Semi-autonomous mode realiseras via system som på olika sätt ger assistans till föraren under körning. Moden rymmer alltså flera olika sorters funktionalitet samt med olika nivåer av auktoritet som i sin tur påverkar bilens framfart i lateral och longitudinell riktning. Semi-autonomous mode har potential att öka trafiksäkerheten samt att underlätta körningen för föraren och därigenom skapa en bekvämare och bättre upplevelse för användaren. Redan idag erbjuder ett flertal tillverkare funktioner för styrning och avstånds/farthållning inom stora delar av körningen förutsatt att föraren övervakar funktionen och bibehåller ansvaret för framförandet av bilen.

Med ovanstående har teknikutvecklingen inom området lett till en situation där samspelet bil – förare nu är av stor vikt eftersom köruppgiften delas av teknik och människa samtidigt som ansvaret ligger helt och fullt hos föraren. Detta står i kontrast mot ändlägena där föraren på ena änden av skalan kör helt manuellt, som i en traditionell bil. Eller, som i andra änden av skalan, där bilen är helt självkörande och samtidigt tar hela ansvaret. Området mellan ändlägena är alltså av en mer otydlig karaktär, där samspelet bil – förare behöver fungera på ett bra sätt om automation ska kunna bidra med ett värde inom UX och till ökad säkerhet.

4 Syfte, forskningsfrågor och metod

4.1 Mål och forskningsfråga

Målet med detta projekt har varit att studera interaktion mellan människa och automation för körning med avancerade körstödssystem (ADAS). Projektet ämnar bidra till förståelsen av

faktorer som påverkar förarnas mod-medvetenhet och förståelse för körautomatiseringssystem, genom att svara på följande forskningsfråga:

RQ: Hur kan förarnas förståelse av ett fordon som erbjuder flera nivåer av automatisering och dess moder stödjas?

För att stödja en problemlösningstrategi och motivera tillverkare att anta ett människocentrerat perspektiv för utvecklingen av körautomatiseringssystem måste orsakerna till mode-förvirring under interaktionen med ett körautomatiseringssystem förstås. Avsikten är att skapa en förståelse som kan vägleda framtida designbeslut vid utveckling av automatiserade fordonsteknologier.

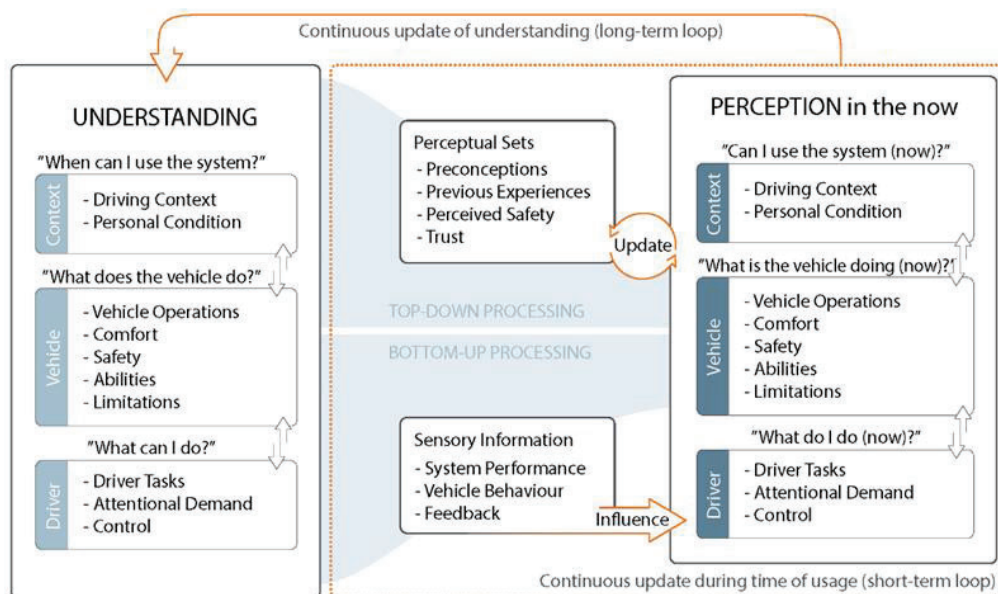
4.2 Forskningsmetod

Detta arbete bygger i första hand på empirisk forskning för att besvara forskningsfrågorna och är uppdelat i två delar. Den första delen syftade till att identifiera de faktorer som påverkar förarens uppfattning och därav deras följande förståelse av körautomatiseringssystem. Den första delen utgör grunden för den andra delen av projektet. Den andra delen av projektet syftar till att beskriva och förstå mod-förvirring och dess orsaker och beskriva hur designers och utvecklare av körautomatiseringssystem kan utveckla system som stöder mod-medvetenhet, för att skapa en positiv användarupplevelse

4.2.1. Förarnas uppfattning och därav följande förståelse av körautomatiseringssystem

I en serie om tre studier utvecklades en konceptuell modell som beskriver processen för hur perception påverkar förståelsen under samspelet mellan förare och körautomatiseringssystem. Utvecklingen av modellen beskrivs i detalj i Licentiatuppsatsen Novakazi (2020); dock följer en kort beskrivning nedan.

Modellen visar att användarna av körautomatiseringssystem, oberoende av automationsnivån, beskriver systemen genom att hänvisa till olika element: Kontexten, Fordonet och Föraren. Dessutom urskildes elva återkommande aspekter som beskriver förarnas förståelse av ett automatiserat system. Vidare identifierades sju faktorer som påverkar hur förare uppfattar körautomatisering under användning. De sju faktorerna är förutfattade meningar, tidigare erfarenheter, upplevd säkerhet, tillit, systemprestanda, körbeteende och feedback från fordonet. Alla identifierade aspekter och faktorer består av en uppsättning delaspekter/delfaktorer. Tillsammans utgör de identifierade aspekterna och faktorerna byggstenarna i en process. Processen presenteras som en beskrivande enhetlig modell (Figur 1)



Figur 1 Beskrivande modell av processen för hur perception formar förståelse (Novakazi, 2020)

Processens flöde kan delas upp i tre delar:

1. Allmän förståelse: Detta block av processen representerar den mentala representation användaren har av systemets egenskaper och hur man interagerar med det. Den inkluderar alla aspekter och element som utgör användarens förståelse och kan betraktas som grundelementet från vilket all interaktion utgår.
2. Perception under användning: Detta block representerar användarens mentala representation av systemet under användning och visar hur interaktionen påverkas genom de perceptuella uppsättningar och sensorisk information de får under körning. Detta block sker i realtid och under ingrepp med körautomeringsystemet, vilket innebär att det sker en kontinuerlig uppdatering (kortsiktig) av uppfattningen och därför av användarens förståelse av systemet och hur man interagerar med det.
3. Forma förståelse: Den sista delen av processen är en långsiktig loop, som binder samman de två delarna. Uppfattningen av systemet i "nuet" återkopplas kontinuerligt till användarnas förståelse, vilket får dem att uppdatera sin förståelse baserat på vad de uppfattar under användningen av körautomeringsystemet.

Modellen kan användas som ett designverktyg, som fungerar som en gemensam grund, och anpassar motivation och mål för mjukvaruutvecklare, interaktionsdesigners och strateger med regelverk. Följaktligen stödjer modellen tvärfunktionellt teamarbete genom att 1. utforska möjliga lösningar som drivs genom ett systematiskt tillvägagångssätt, 2. identifiera förbättringsområden genom att fokusera på användarens behov, 3. utarbeta och utvärdera designbeslut genom en guidad process.

4.2. Metodologiskt tillvägagångssätt

Den andra delen av detta arbete är organiserad i tre empiriska studier: Studie 1, Studie 2 och Studie 3, samt en litteraturstudie.

4.2.1. Litteraturstudie

Resultaten av litteraturstudien var en konceptuell modell som beskrev mode-förvirring och dess orsaker (Figur 2). Den genomförda konceptuella litteraturgenomgången visar att mode-förvirring generellt beskrivs som ett fenomen där åtgärden är korrekt utförd, men den utförs i ett felaktigt klassificerat kör-mode. Det framkom att mode-förvirring beskrevs omväxlande som ett "mode-fel", "mode-ambiguitet" och "automationsövertäckning".

Den befintliga forskningen försummar dock att det finns olika typer av förvirring av läget att beakta. Detta visade på ett behov av en omklassificering av begreppet. Omfattande empiriska bevis i den befintliga litteraturen och incidentrapporter möjliggjorde en klassificering av lägesförvirring i fyra olika typer, baserat på Reasons Generic Error Modeling System (GEMS). Detta möjliggjorde utvecklingen av en konceptuell modell som beskriver olika typer av förvirring av moder som symptom på distinkta bakomliggande orsaker, i stället för själva orsakerna. Modellen presenterar att lägesförvirring kan kategoriseras i fyra olika typer av fel, baserade på förarnas uppfattning

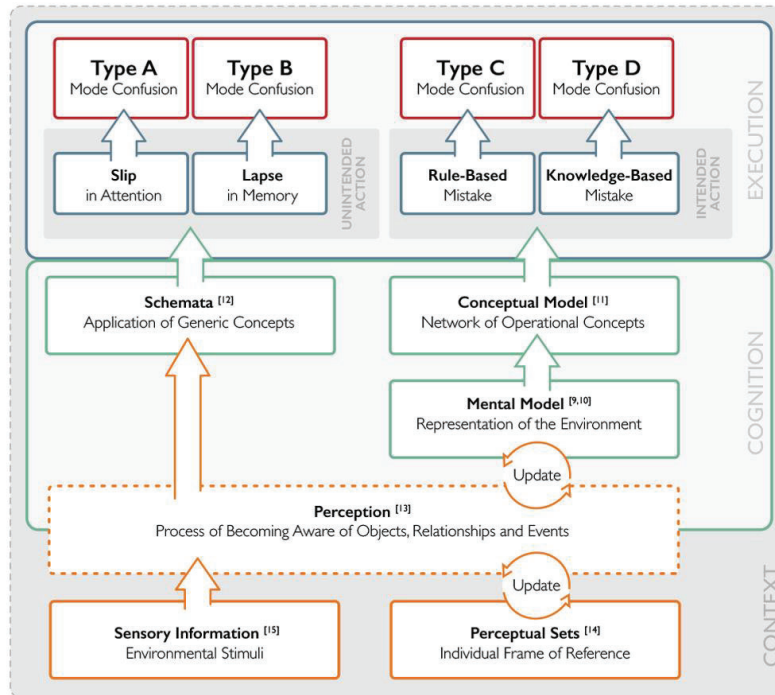


Figure 2. Conceptual Model describing four types of mode confusion and its sources.

Typer av modeförvirring

Modeförvirring är resultatet av en felaktig aktion, baserad på feltolkning av systemtillståndet (kör-mode), som kan kategoriseras i fyra olika typer. Därför manifesterar det sig på exekveringsnivån som ett symptom på nedbrytning i modemedvetenhet eller bristande överensstämmelse i förståelse.

- Typ A är ett uppmärksamhetsfel, t.ex. är föraren distraherad och missar feedback från systemet och blir förvirrad över en systemändring.
- Typ B representerar ett minnesfel, t.ex. glömmer föraren att de aktiverat ett specifikt kör-mode och blir förvirrad när fordonet börjar accelerera efter att ett fordon framför bilen försvinner.
- Typ C uppstår när föraren har en felaktig förståelse av systemets förmågor och begränsningar och tillämpar fel åtgärd vid interaktion med systemet.
- Typ D beskriver den totala avsaknaden av kunskap eller medvetenhet om kör-mode, t.ex. skulle föraren inte ha någon förståelse för de olika kör-moderna som bilen erbjuder, och inte heller vilket av dessa som för närvarande är aktivt.

Sammanfattningsvis kan typ A och B kategoriseras som oavsiktliga handlingar vilka inträffar vanligtvis när fel scheman utlöses. Typ C och Typ D är dock medvetna handlingar och är kopplade till användarens kunskap om ADAS.

Orsaker till mode-förvirring

Förarens uppfattning påverkas av perceptuella markörer och sensorisk information, som direkt påverkar hur de interagerar med ADAS under användning. På kort sikt kan detta resultera i att felaktiga scheman utlöses och att åtgärd utelämnas, dvs. lägesförvirring Typ A och B. På lång sikt påverkas perceptionen av systemet genom förarens ökade förståelse genom användning. Förståelsen av systemet är synonymt med den mentala modellen. Användare bygger en mental modell av systemets sammansättning och funktionalitet och har ett operativt koncept baserat på regler som överensstämmer med den kunskap de har om ADAS. Om denna mentala modell är felaktig eller har luckor, resulterar det i tillämpningen av en felaktig konceptuell modell och operativa koncept och uppenbarar sig som felaktiga handlingar, d.v.s. lägesförvirring Typ C och

D. Orsaken till detta ligger förarnas uppfattning, som beskrivs i den beskrivande modellen för hur perception formar förståelse (Figur 1).

4.2.2. Empiriska studier

I studie 1 användes observationer och djupgående för- och efterintervjuer under en körsession på allmän väg med ett Wizard-of-Oz-fordon för att få insikter i hur användare upplever användningen av, och hur de bygger en förståelse för, ett fordon med flera nivåer av automatisering (nivå 2 och nivå 4). En analys av intervjuerna genomfördes för att utveckla kunskap om de aspekter som påverkar användarnas förståelse för körautomatiseringen. En tematisk analys genomfördes med en induktiv kodningsmetod för att utforska hur förare förstår ett fordon med flera nivåer av automatisering.

Resultaten från denna studie gav en djupare förståelse av de faktorer som påverkar mod-medvetenhet, samt gav underlag för den presenterade modellen.

Studie 2 var en fallstudie med designers och byggde på den kunskap som samlats in genom att utveckla den konceptuella modellen som presenteras i figur 1. Under tre workshoppar deltog sex designers i en iterativ fallstudie. Studien hade som mål att utveckla ett användargränssnitt för ett fordon som erbjuder flera kör-moder och syftade till att öka förarens medvetenhet om dessa moder. Deltagarna arbetade alla inom området körautomatisering som designers eller utvecklare av dessa funktioner, och representerar således expertanvändare och är potentiella användare av den utvecklade modellen som kan användas som ett designverktyg.

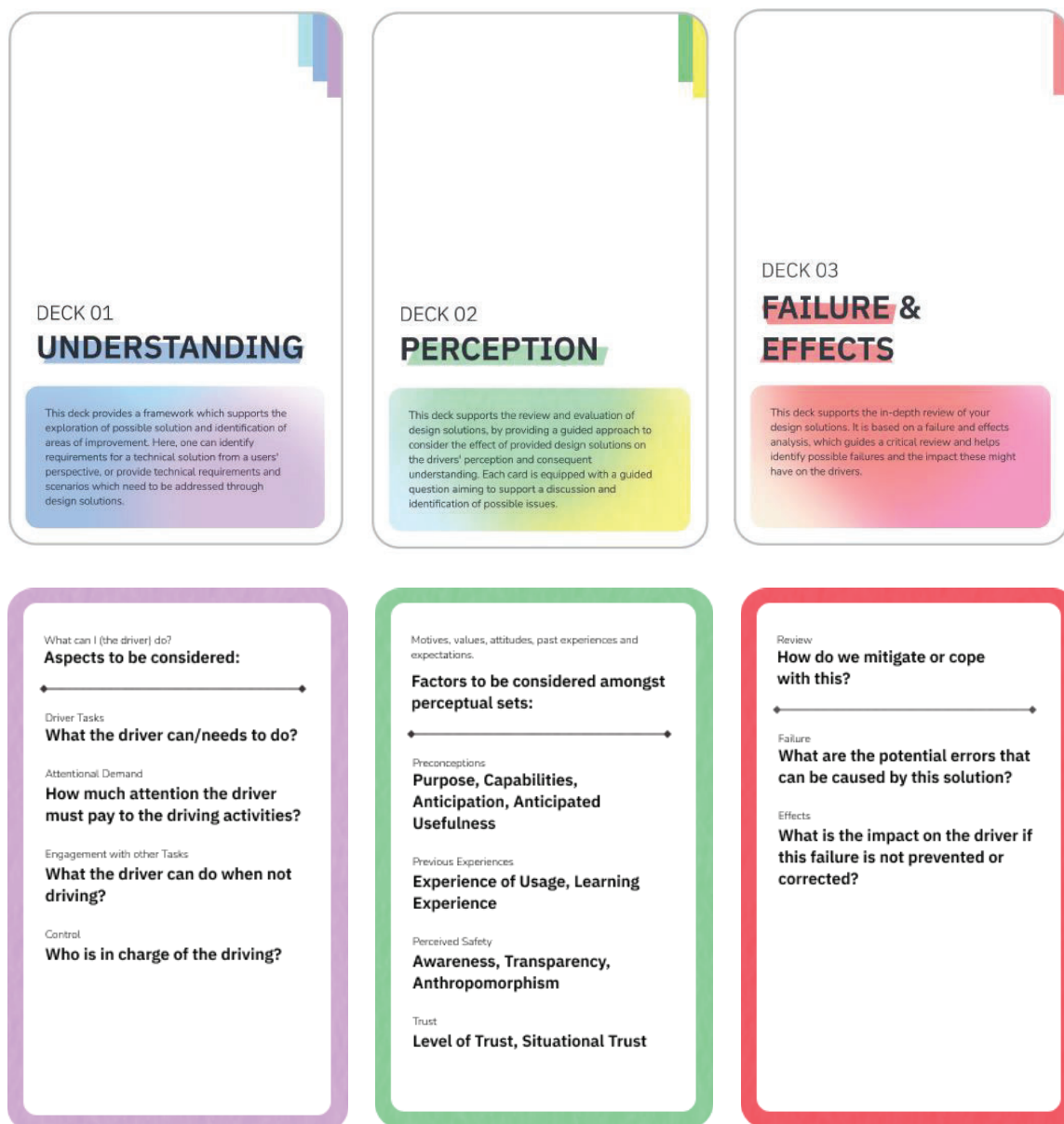
Lärdomarna från denna studie bidrog till utvecklingen av en verktygslåda som kan användas för design av körautomationssystem.

Studie 3 var en observationsstudie på allmän väg där Wizard-of-Oz-fordon användes i för A/B-testning. För datainsamling användes djupintervjuer efter körningen, samt ett frågeformulär baserat på den utvecklade modellen. De jämförda gränssnitten är dels det gränssnitt som används i Studie 1, dels det som skapats i Studie 2 med hjälp av modellen. Resultaten från denna studie analyserades i syfte att besvara projektets huvudsakliga forskningsfråga samt att konsolidera och validera den insamlade kunskapen.

4.3.3. "Design för perception" - Verktygslåda

Den i projektet utvecklade verktygslådan består av olika delar, som fungerar som vägledning vid design och utveckling av körautomationssystem genom olika skeden av processen. Som tidigare nämnts bygger den på den konceptuella modellen som beskrivs i figur 1 och är därför uppdelad i tre delar.

Verktygslådan kan användas i olika format, beroende på vilken typ av arbete och fas den används i. Det finns en exceltabell, en fysisk kortlek, samt en virtuell kortlek tillgänglig som en mall i Miro. De olika lösningarna utvecklades i samarbete med användarna av verktyget, som uttryckte sina behov av hybrid- och onlinesamarbete, förutom ett fysiskt verktyg som stödjer en mer öppen verkstadskaraktär. Figur 3 visar exempel kort från kortleken.



Figur 3. Exempel på kort från "Design for Perception"-verktygslådan.

Kortlek 1: "Understanding" är avsedd för utforsknings- och idéstadiet i ett projekt. Kortleken stödjer utvecklingsprocessen och lyfter fram aspekter att tänka på när man designar och funderar kring möjliga lösningar. Kortlek 1 omfattar alla aspekter som beskriver förarnas förståelse för körautomatisering. Med hjälp av denna kortlek kan man identifiera krav på en teknisk lösning ur ett användarperspektiv eller tillhandahålla tekniska krav och scenarier som måste hanteras genom designlösningar.

Card Deck 2: "Review & Validate" stödjer utvärdering av utvecklade designlösningar och stöttar under valideringsfasen med experter, samt är stöd för att sätta upp användartester. Kortlek 2 presenterar de faktorer som påverkar hur förare uppfattar körautomatisering under användning, samt uppmanar till granskning av identifierade designlösningar genom ett antal "probing" frågor.

Card Deck 3: "Discuss and Decide" är en uppsättning åtgärds kort, som stöttar utvärdering av övervägda beslut genom ett systemiskt tillvägagångssätt som vägleder teamet genom en analys av potentiella misslyckanden och effekter av nuvarande designlösningar, samt stöder beslutsfattande och dokumentation av designlösningar

4.3. Bidrag och konsekvenser

Bidraget från detta arbete är ett nytt sätt att definiera fenomenet mode-förvirring. Förståelsen av att mode-förvirring är ett symptom som manifesterar sig som ett sammanbrott eller bristande överensstämmelse i förståelsen av körautomatationssystemet, orsakat av en design som inte är anpassad till mänsklig kognition, gör det möjligt för designers och utvecklare av körautomatiseringssystem att tillämpa fokuserade designinterventioner. Specifikt kan denna skiftning i perspektiv stödja designen och utvecklingen av ADAS genom en mer proaktiv designstrategi, som tar itu med källorna till förvirring av moder i stället för ett reaktivt tillvägagångssätt som försöker mildra dem under utvärderingsfaserna, genom att stödja designers och utvecklare att nå en djupare och grundlig förståelse för orsaken till fenomenet. Det är alltså här designverktygslådan bidrar som en del för att ta itu med dessa frågor. Befintliga ramverk har, trots sina fördelar, kritiserats för att vara baserade på detaljerade tekniska och funktionella taxonomier och att de inte skapar någon grund för design. För att återspegla vad användarna letar efter när de försöker förstå interaktionen med en ADAS, måste designarbetet ta hänsyn till användarnas uppfattning om sådana system. Verktygslådan "Design for Perception" fungerar som en gemensam grund som förenar motivation och mål för mjukvaruutvecklare, interaktionsdesigners och strateger med regelverk. Följaktligen stödjer det tvärfunktionella team att 1. utforska möjliga lösningar som drivs genom ett systematiskt tillvägagångssätt, 2. identifiera förbättringsområden genom att sätta sig i användarens situation, 3. utarbeta och utvärdera tagna designbeslut genom en guidad process.

5 Mål

Det övergripande målet med detta forskningsprojekt var att utreda efter vilka krav och principer och med vilken metod man skall konstruera/designa komplett bil med avseende på olika förarassistans-funktioner inom semi-autonomous mode samt övergångarna mellan dessa. Antagandet är att kunna säkra en extraordinär användarupplevelse genom att skapa tydlig ansvarsfördelning mellan bil och förare och därigenom undvika mode-förvirring och icke korrekt förtroende för semi-autonomous mode. Projektet hade som mål att fokusera på egenskapsdelen av Digital User Experience där kundförståelse, kravdefinitioner och virtuella och fysiska verifieringsmetoder står i fokus.

Det övergripande målet har bevarats tvärsigenom projektet även om upplägget i arbetspaketen har modifierats något. Orsaken till detta är primärt den oförståelse som fanns för området när ansökan skrivs. I den takt som kunskapen om problematiken har ökat under projektet har det även varit nödvändigt att anpassa och utveckla innehållet i arbetspaketen. En av de stora skillnaderna mellan ansökan och genomförandet är att majoriteten av alla tester har genomförts som naturalistiska tester på allmän väg i stället för på provbana som var planerat.

6 Resultat och måluppfyllelse

Inom fordonsindustrin har det länge arbetats mot att kunna erbjuda självkörande fordon vilket skapar ytterligare ett mode av autonomi som förare skall förhålla sig till. Detta i kombination med att ADAS utvecklas och förfinas har ytterligare stärkt nyttan med detta projekt. Nu står hela industrin på randen till att för första gången verkligen sätta självkörande bilar i produktion vilket följaktligen understryker nyttan av forskningen inom projektet. De mål som sattes upp i ansökan tog hänsyn till att huvudresursen i projektet var en industridoktorand. Detta har även varit fallet under genomförandet. De konkreta leveranserna som specificerades i ansökan var:

1. Metoder för att samla in kunddata med avseende på ansvarsfördelning i olika körmoder.

2. Krav för att beskriva konfiguration av HMI för komplett bil för att optimera ansvarsfördelning mellan förare och fordon.
3. Licentiatavhandling (doktorsavhandling kommer läggas fram som ett resultat av projektet men efter avslutat projekt).
4. Åtminstone 5-10 stycken peer reviewed vetenskapliga artiklar publicerade i vetenskapliga tidskrifter
5. 3 stycken examensarbeten på master-nivå
6. Metoder för att verifiera och validera framtagna krav under utvecklingsprojekt.

Här följer redovisning huruvida projektet har levererat enligt ansökan.

1. Under projektet har två studier genomförts där Wizard of Oz metodik har använts för testning. Själva metodiken var tidigare utvecklad på Volvo Cars men har aldrig innan används i syfte att studera mode-förvirring. Video, frågeformulär, observationer och djupintervjuer har varit de primära metoderna för insamling av data under dessa tester. Resultaten har visat att Wizard of Oz i kombination med metodiken för insamling av data har varit en fungerande metod för att studera ansvarsfördelning mellan förare och fordon.
2. Denna leverans har i viss mån omformats till att snarare innehålla ett nytt angreppssätt för att stötta designers och konstruktörer under utvecklingen av både funktion och HMI för semi-autonoma fordon. Kapitel 4.3.3 presenteras "Design för perception" – Verktyslåda som motsvarar leveranserna för kravsättning av HMI.
3. Industridoktoranden kopplat till projektet har publicerat och försvarat sin licentiatavhandling. Doktoranden kommer att lägga fram sin doktorsavhandling under 2023.
4. Projektet har resulterat i sju peer reviewed publikationer i vetenskapliga tidskrifter samt fem konferenspublikationer.
5. Projektet har initierat och genomfört åtta examensarbeten som totalt sätt har involverat 14 examensarbetare.
6. Både det angreppssätt som presenteras under punkt 1 samt verktyslådan under punkt 2 utgör adekvata metoder för att verifiera och validera system- och HMI design för att undvika mode-förvirring.

Projektet har drivits inom Vinnovas program Electronics, Software & Communication och primärt inom området Digitala användargränssnitt. Projektet har bidragit till programmets mål kopplat till utvecklingsmetoder för verifiering och validering. Projektet tar haft sin utgångspunkt i att skapa kunskap i hur kommunikation mellan fordon och förare sker och borde ske via basmodellerna i syfte att skapa semi-autonoma fordon med en trygg och totalt sätt hög användarupplevelse. Projektet spänner således över fler av de underkategorier som beskrivs inom Electronics, Software & Communication programmet. Projektet har dessutom bidragit till att stärka svensk fordonsindustri i utvecklingen av självkörande fordon. De utvecklade metoderna i projektet har redan börjat tillämpas inom industrin bland HMI design och funktionsutveckling.

7 Spridning och publicering

7.1 Kunskaps- och resultatspridning

Resultaten från projektet har spridits genom publikationer i både akademiska tidskrifter och konferenser. Dessutom har de genomförda examensarbetarna bidragit till resultatspridningen. En av artiklarna (Who's in charge? The influence of perceived control on responsibility and mode awareness in driving automation) belönades med best paper award och blev uppmärksammad under ceremoniell tillställning i USA. Detta har också bidragit till spridning. Utveckling av

avancerade körstödsfunktioner kräver ett väldigt tvärfunktionellt arbete mellan både funktionsutvecklare, UX designers och andra konstruktionsavsnitt. Detta innebär att många olika discipliner på Volvo Cars har varit involverade i projektet. Detta har följaktligen bidragit till att genererad kunskap och metoder i projektet har fått en stor spridning internt Volvo Cars.

Hur har/planeras projektresultatet att användas och spridas?	Markera med X	Kommentar
Öka kunskapen inom området	x	Projektet har gett ökade kunskaper om orsaker och mitigering av mode-förvirring.
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt	x	Delar av de metoder som utvecklats används redan i andra projekt. Kunskapen från detta projekt kommer föras vidare inom Volvo Cars
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt	x	Det är ej beslutat än på vilket sätt detta kommer ske men det är en självklar fortsättning
Introduceras på marknaden	x	Delar av den kunskap som genererats i projektet kommer integreras i den fortsatta utvecklingen av både ADAS och AD och kommer på sikt att finnas implicit tillgänglig på marknaden i form av väl designade HMI.
Användas i utredningar/regelverk/tillståndsärenden/ politiska beslut		

7.2 Publikationer

Journal articles

1. Karlsson, I.C.M and Novakazi, F. (2020). Drivers' usage of Advanced Driver Assistance Systems – An International Survey. Manuscript submitted to the Journal IET Intelligent Transport Systems.
2. Rydström, A., Mullaart, M. S., Novakazi, F., Johansson, M., & Eriksson, A. (2022). Drivers' Performance in Non-critical Take-Overs From an Automated Driving System - An On-Road Study. Human Factors. <https://doi.org/10.1177/00187208211053460>
3. Johansson, M., Söderholm, M., Novakazi, F., & Rydström, A. (2021). The decline of user experience in transition from automated driving to manual driving. Information (Switzerland), 12(3). <https://doi.org/10.3390/info12030126>
4. Novakazi, F., Johansson, M., Strömberg, H., & Karlsson, M. (2021). Levels of what? Investigating drivers' understanding of different levels of automation in vehicles. Journal of Cognitive Engineering and Decision Making, 15(2-3), 116-132. <https://doi.org/10.1177/15553434211009024> (Awarded best Journal Paper from Human Factors and Ergonomics Society)
5. Novakazi, F., Johansson, M., Erhardsson, G., & Lidander, L. (2021). Who's in charge? The influence of perceived control on responsibility and mode awareness in driving automation. IT - Information Technology, 62(2). <https://doi.org/10.1515/itit-2020-0020>
6. Novakazi, F., Orlovskaja, J., Bligård, L., & Wickman, C. (2020). Stepping over the Threshold - Linking Understanding and Usage of Automated Driver Assistance Systems (ADAS). Transportation Research Interdisciplinary Perspectives, 8. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2020.100252>
7. Orlovskaja, J., Novakazi, F., Bligård, L., Karlsson, M., Wickman, C., & Söderberg, R. (2020). Effects of the driving context on the usage of Automated Driver Assistance Systems (ADAS) -Naturalistic Driving Study for ADAS evaluation. Transportation Research Interdisciplinary Perspectives, 4. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2020.100093>

Paper in proceedings and conferences

1. Fjollé Novakazi, Alexander Eriksson, and Lars-Ola Bligård. 2022. Design for Perception - A Systematic Approach for the Design of Driving Automation Systems based on the Users'

- Perception. In Adjunct Proceedings of the 14th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications (AutomotiveUI '22). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 87–90.
<https://doi.org/10.1145/3544999.3552525>
2. Linnéa Lidander, Fjollé Novakazi, and Gustav Erhardsson. 2022. Building Blocks of Responsibility - A Conceptual Model Illustrating the Factors Influencing Perceived Responsibility Over the Driving Task when Interacting with Driving Automation Systems. In Adjunct Proceedings of the 14th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications (AutomotiveUI '22). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 137–140. <https://doi.org/10.1145/3544999.3552524>
 3. Johansson, M., & Novakazi, F. (2021). To Drive or Not to Drive – When Users Prefer to Use Automated Driving Functions. 7th Humanist Conference. Rhodes Island, Greece.
 4. Novakazi, F. (2019). Semi-autonomous drive and its effect on mode awareness and user experience. 31st European Conference on Cognitive Ergonomics: Design for Cognition, ECCE 2019. Belfast, United Kingdom. <https://doi.org/10.1145/3335082.3335122>
 5. Orlovska, J., Novakazi, F., Wickman, C., & Söderberg, R. (2019). Mixed-method design for user behavior evaluation of automated driver assistance systems: An automotive industry case. 22nd International Conference on Engineering Design, ICED 2019. Delft, Netherlands. <https://doi.org/10.1017/dsi.2019.186>

Licentiate thesis

Novakazi, F. (2020). Perception Creates Reality - Factors influencing the driver's perception and consequent understanding of Driving Automation Systems. (Publication No. 520279) [Licentiate thesis, Chalmers University of Technology]. Chalmers Research.
https://research.chalmers.se/en/publication/520279/file/520279_Fulltext.pdf

8 Slutsatser och fortsatt forskning

Projektet har motsvarat deltagarnas förväntningar och uppfyllt de mål som sattes upp i ansökan. De mest betydelsefulla resultaten för fortsatt utveckling av automatiserade fordon är den fördjupade kunskapen om mode-förvirring och dess orsaker. Den ny kunskapen möjliggör att dessa aspekter beaktas i utvecklingen av systemen snarare än att försöka mildra effekterna av mode-förvirring. Automatiserade system skall snarare utvecklas för att stimulera hög grad av mode-förståelse. För tillfället finns det inget planerat fortsättningsprojekt med externa parter och finansiering till detta projekt. Resultaten som genererats i projektet kommer först och främst implementeras inom Volvo Cars. Dels genom att öka förståelsen av mode-förvirring men också genom att utveckla arbetsprocesser och angreppssätt kopplat till hur design och konstruktion jobbar med utveckling av automatiserade körstödssystem.

9 Deltagande parter och kontaktpersoner

Part	Namn	Roll	Kontaktinformation
	Casper Wickman	Projektledare	casper.wickman@chalmers.se
	MariAnne Karlsson	Akademisk Handledare	mak@chalmers.se
	Lars-Ola Bligård	Akademisk bi-handledare	lars-ola.bligard@chalmers.se
	Fjolle Novakazi	Industridoktorand	fjolle.novakazi@volvocars.com
	Alexander Eriksson	Industrihandledare	alexander.eriksson.2@volvocars.com