

Tilltron till systemets Intelligens som ett verktyg för hållbara **Energieffektiva Beteendeförändringar (TIEB)**



Författare: Azra Habibovic, Maria Nilsson, Jonas Andersson, Serge Thill, Maria Riveiro, Erik Lagerstedt, Mikael Lebram, Henrik Svensson, Paul Hemeren
Datum: 2016-03-04

Innehåll

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Sammanfattning | 3 |
| 2 | Bakgrund..... | 3 |
| 3 | Syfte | 4 |
| 4 | Genomförande | 4 |
| 4.1 | Kreativa seminarier | 5 |
| 4.2 | Simulatorstudien..... | 6 |
| 5 | Resultat..... | 10 |
| 5.1 | Bränsleförbrukning (Mål A)..... | 10 |
| 5.2 | Benägenhet att följa systemrekommendationer (Mål B)..... | 13 |
| 6 | Spridning och publicering | 15 |
| 6.1 | Kunskaps- och resultatspridning | 15 |
| 6.2 | Publikationer | 15 |
| 7 | Slutsatser och fortsatt forskning | 16 |
| 8 | Deltagande parter och kontaktpersoner | 16 |
| 9 | Referenslista | 17 |

1 Sammanfattning

Projektet har undersökt om vår upplevelse av ett systems upplevda intelligens påverkar vår benägenhet att följa dess rekommendationer. Olika sparsamkörningssystem och deras påverkan på energiförbrukningen har använts som användarfall. Ett experiment med totalt 133 förare utfördes i en körsimulator där system med olika upplevd intelligens jämfördes (dvs. system med olika grad av information om sparsamkörning). Resultaten tyder på ett samband mellan energibesparingen och informationsgraden som en förare förseddes med., dvs., genom att förse förare med mer informativa (intelligenta) system kan förare uppmuntras till ett mer sparsamt körbeteende. På det viset skulle energiåtgången för Sveriges existerande fordonsflotta kunna reduceras med 0.8–3 TW/h per år. Detta kan ha stor betydelse för vårt samhälle då det skapar ett nytt sätt att påverka beteende för sparsamkörning och en möjlighet till en signifikant effektivisering. Vi visar också på en utforskad koppling mellan vår grundläggande tilltro om ett systems intelligens och beteendeförändringar av vikt för fortsatt forskning. Slutsatserna från denna studie förstärker tidigare resultat och skapar värdefull information som vi kan bygga vidare på för framtida industriella projekt.

2 Bakgrund

Sparsamkörning, också känt som eco-driving, påverkas av flera kombinerade faktorer som körstil, personlighet, fordon, trafikmiljö och trafiksituation (Fiat, 2010). Tidigare studier har handlat om allt från att visa föraren nuvarande status till att ge råd om sparsamkörning under resans gång (Lee et al., 2010; Froehlich et al., 2010). Utmaningen ligger i att förse föraren med ”lagom” mycket information. Det experimenteras med bl.a. olika modaliteter, tidsaspekter, frekvenser, och typ av information (Lee et al., 2010; Froehlich et al., 2010; Stillwater, 2011; Barbé & Boy, 2007; Young, et al., 2011). Vanligtvis studeras detta från ett interaktionsdesignsperspektiv där även influenser från miljö- och beteendevetenskap tas i beaktande.

I detta projekt testade vi en alternativ förklaring till vad som gör ett visst tillvägagångssätt mer framgångsrikt än andra. Idén har sitt ursprung i vår tidigare förstudie *Pre-study CARS – Cognitive approaches to HMI in real-world situations* som visat indikationer på att en förares benägenhet att följa rekommendationer från ett navigationssystem beror på hur intelligent de tror att fordonet är. Förstudien visade även att förare förändrar sitt blickbeteende beroende på hur intelligent man tror systemet är. Ju mer intelligent förarna trodde att bilen var, desto mindre tittade de ut genom framrutan (de tittade istället i vänster sidospiegel). Detta skedde trots att det gränssnitt som upplevdes mest informativt (intelligent) innehöll mest information, och tog således längst tid att läsa.

Pre-study CARS har inspirerats av teorier från kognitionsvetenskapen som studerar hur människor interagerar med deras omvärld, inkluderande andra människor, djur, robotar

etc. (ex., Branigan et al, 2011; Vollmer et al, 2013; Kopp, 2010). Projektet baserades på att vi representerar och interagerar med objekt annorlunda baserat på om vi anser att det är ett ”verktyg” (ex. hammare) eller en ”intelligent agent” (ex. robot). Bilar idag har gått från att vara ”verktyg” (dvs. behållare som tar mig från A till B) till att bli mer och mer avancerade och går mot att bli ”intelligenta agenter” (dvs. bilen fattar egna beslut bromsar/byter fil etc.). I projektet Pre-study CARS ville vi visa hur vi människor interagerar annorlunda i den förändrade bilen, och att vi kan påverka hur informativt (intelligent) ett visst gränssnitt upplevs.

Dessa idéer utforskas vidare i den här studien där effekten av olika informativa navigations- och sparsamkörningssystem på förarbeteende är i fokus.

3 Syfte

Syftet med studien var att öka kunskapen om hur om vår upplevelse av ett systems upplevda intelligens påverkar vår benägenhet att följa dess rekommendationer. Projektet ville öka sannolikheten hos förare att anta ett mer sparsamt körsätt och därigenom verka för ett mer energieffektivt transportsystem. För detta har följande forskningsfråga adresserats: Vilken effekt har upplevelsen av intelligens på sparsamkörning? Detta gjordes genom att jämföra ett grundläggande (state-of-the-art) sparsamkörningssystem och navigationssystem med mer intelligenta (informativa) system i en körsimulator.

Följande mätbara mål var i fokus:

- A. Att uppnå en signifikant energibesparing per körd mil i simulator med avseende på typ av information om sparsam körning.
- B. Att uppnå en signifikant ökning av att förare följer rekommendationer från bilen baserat på hur intelligent de tror systemet är.

4 Genomförande

Projektet genomfördes i tätt samarbete mellan Viktoria Swedish ICT och Högskolan i Skövde (HiS). Genom kreativa seminarier definierades termen ”upplevd intelligens” och ett flertal systemkoncept för sparsamkörning och navigation som återspeglar detta utvecklades. Dessa system utvärderades med potentiella användare (förare) och de mest lämpliga implementerades i en körsimulator. Utöver det utvecklades en trafikmiljö för körsimulatorn. I nästa steg genomfördes pilottester följt av huvudexperimentet där varje förare fick utföra en navigationsuppgift. Förarna var uppdelade i 6 grupper och varje grupp fick erfara en kombination av navigations- och sparsamkörningssystem. Varje kombination utgjordes av system med olika grad av information om sparsamkörning.

4.1 Kreativa seminarier

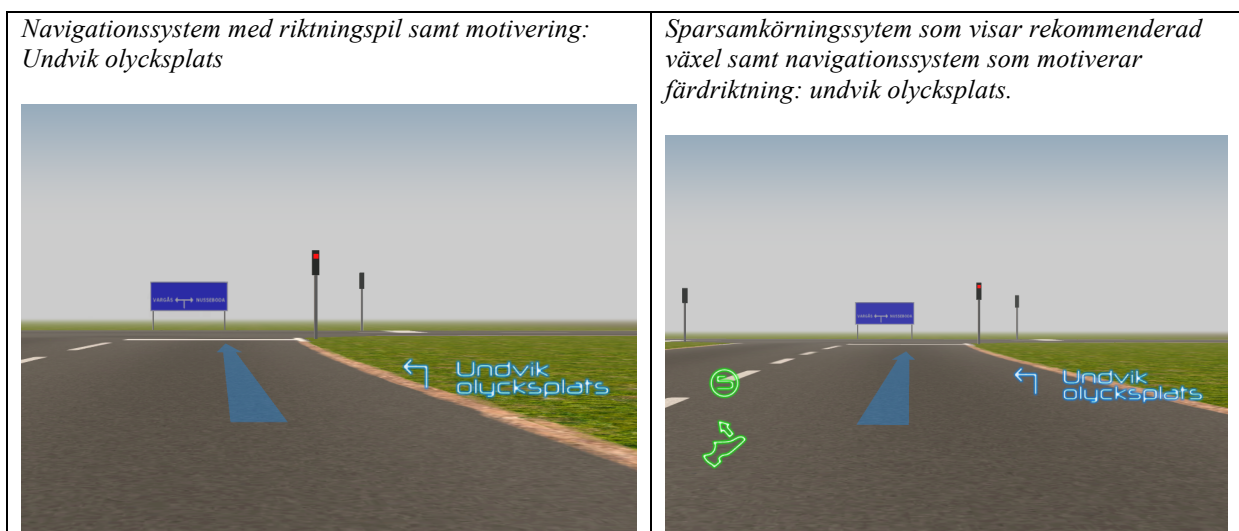
Designen av sparsam körning gränssnitt och det gränssnitt som är designat att upplevas mer intelligent baseras dels på en (1) state-of-art review av sparsam körning gränssnitt, och dels (2) en designövning med studenter från HiS. De framtagna gränssnitten utvärderades utifrån deras användbarhet, tillit, samt upplevda ”intelligentsnivå”. Utvärderingen skedde i form av individuella samtal utifrån lo-fi (pappers) prototyper med 6 potentiella användare (förare). Utifrån utvärderingen valdes en variant av gränssnitt som visar sparsamkörningsinformation samt en som visar navigeringsinformation för implementation i körsimulaton.

Implementerat gränssnitt

Gränssnittet implementerades som en ”Head-Up-Display” som täcker upp hela förarens synfält. Gränssnittet är transparent. För att skapa olika nivå av ”intelligens” varierades mängd/typ av information. Det ”grundläggande systemet” ger (korrekta) rekommendationer medan det ”informativa/intelligenta” systemet dessutom ger en kort motivering till rekommendationerna enligt nedan (för exempelgränssnitt se Tabell 1).

- Sparsamkörningssystem(grundläggande): rekommendation av byte till optimal växel (grundläggande), motivering till val av växel (informativt)
- Navigationssystem: navigationspil som indikerar körriktning (grundläggande), motivering till val av färdriktning (informativt/intelligent).

Tabell 1 Exempel gränssnitten för navigations- och sparsamkörningssystem som implementerades i körsimulaton.



Sparsamkörningssystem som visar motivation till rekommenderad växel med navigationssystem med färdriktningspil.



Sparsamkörningssystem som visar rekommenderad växel och navigationssystem med färdriktningspil utan motivering.



Exempelbilder som visar miljö och händelser i simulatormiljön som trafikstockning, olycka, samt landsbygd.



4.2 Simulatorstudien

Experimentdesign

Grundläggande (state-of-the art) och informativa system definieras här enligt följande: grundläggande system ger (korrekta) rekommendationer medan informativa system

dessutom ger en kort motivering till rekommendationerna. Med andra ord, informativa system ger föraren en större systemmedvetenhet som enligt vår tidigare studie visat sig vara en viktig faktor för huruvida en förare följer rekommendationer (Thill et al., 2014). Vi har alltså två oberoende variabler: a) graden av information för sparsamkörningssystem samt b) graden av information navigationssystem. Navigationssystemet kunde vara i "grundläggande" eller "informativt" utförande, medan sparsamkörningssystemet kan vara "ingen", "grundläggande", eller "informativt". Detta gör att experimentet delas upp i 6 betingelser (grupper) enligt Tabell 2 där varje förare fick erfara endast en av dessa. Som tabellen visar har vi två kontrollgrupper för att ta fram en basnivå (BN, IN).

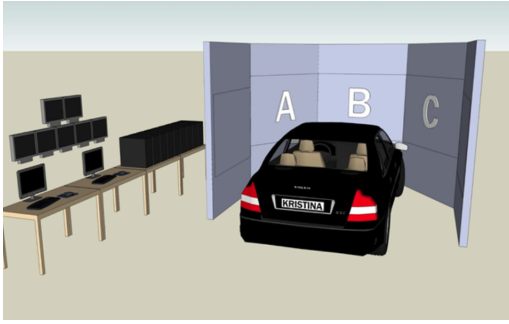
Tabell 2 Experimentdesign med antal deltagare för varje betingelse och förkortningar som används i rapporten för respektive betingelse (none = ingen, basic = grundläggande, informative = informativ, Nav sys = navigationssystem, eco-driving system = sparsamkörningssystem).

| | | Eco-driving system | | |
|---------|-------------|--------------------|---------|-------------|
| | | None | Basic | Informative |
| Nav sys | Basic | BN (20) | BB (19) | BI (20) |
| | Informative | IN (22) | IB (21) | II (21) |

Körsimulator och trafikmiljö

Den fysiska bilsimulatorens utgjordes av en Volvo S80 med komplett interiör och exteriör (Figur 1) Fronten av bilen är omgiven av fem projektionsytor som tillsammans täcker större delen av förarens synfält. Ytterligare två projektionsytor är placerade intill varandra rakt bakom bilen, på ett sådant sätt att de syns såväl via bilens backspeglar som vid en blick "över axeln". Var och en av de sju projektionsytorna kontrolleras av en standard-PC med Windows som operativsystem. Dessa datorer agerar klienter åt en åttonde dator, servern (även den en standard-PC med Windows), som koordinerar vilken del av den virtuella världen som ska visas av vilken klient i varje givet ögonblick. Tillståndet för bilens ratt, pedaler och övriga väsentliga kontroller såsom körriktningsvisare, växelförare, etc. läses in av servern med en samplingsfrekvens om 100 Hz. Serverns gränssnitt mot bilen är implementerat som en spelkontroll, vilket gör det enkelt att använda godtyckliga spel och simulationer i miljön. Motor-, väg-, och vindljud spelas upp i bilens originalljudsystem. För ökad immersion är en vibrationsenhet monterad på bilens chassi. Denna, liksom bilens hastighets- och varvräknare kontrolleras från servern.

Den simulerade världen som bestod av ett vägnät som återspeglar en typisk svensk landsbygd. Den inkluderade korsningar, rondeller, trafikljus, trafikskyltar, byggnader, träd, djur, fordon, etc. (se bilder i Tabell 1).



Figur 1 Körsimulatore som användes i studien.

Experimentdeltagarna

Förarna rekryterades via olika kanaler (mail, direktinformation, etc.) vid HiS. Totalt deltog 133 förare i experimentet. Av dessa fick 10 exkluderas från vidare analys på grund av avvikelser i experimentuppställning, uppvisat spelbeteende i körsimulatore, och/eller upplevd simulatorsjuka. Antalet deltagare som ingår i analysen är således 123 (89 män, 34 kvinnor) och deras åldersfördelning är: 18-20 år (12), 21-29 år (63), 30-39 (21), 40-49 år (14), och 50 år eller över (13). 27 av dem bar glasögon, och för resterande 96 kunde ögonrörelse data samlas in.

Proceduren

Experimenten utfördes under våren och hösten 2015 och bemannades av en testledare med övergripande ansvar och interaktion med föraren samt en tekniker som ansvarade för körsimulatore. Varje experiment varade i ca 45 och inkluderade moment beskrivna i Tabell 3. Varje förare tilldelades slumpmässigt en deltagargrupp (Tabell 2) och fick genomgå en introduktionsfas där han/hon fyllde i ett elektroniskt bakgrundsformulär och fick kort information om studien. Efter det fick han/hon genomgå en träning i simulatore med hjälp av förinspelade instruktioner om systemkombinationen som han/hon skulle testa. Om föraren inte använde några glasögon fick han/hon utrustas med ett bärbart system för inspelning av ögonrörelser. Själva huvudexperimentet tog ca 10-15 minuter och efter genomfört experiment fick varje förare fylla i ett elektroniskt formulär om hans/hennes erfarenheter och upplevelser i experimentet. Vissa slumpmässigt valda förare (7 i varje förargrupp) fick dessutom delta i en delvis strukturerad intervju för att diskutera upplevelserna.

Tabell 3 Aktiviteter som ingick i varje experiment inklusive utdelat material och tidsåtgången.

| Aktivitet | Beskrivning | Material | Tidsåtgång | Ansvarig |
|------------------|--|---|------------|------------|
| Inledning | Information om upplägg, syfte och behandling av data | Samtyckesblankett Bakgrundsformulär | 10 min | Testledare |
| Set-up | Information om simulatore och mätutrustning. Påklädnad mätutrustning. | | 5 min | Tekniker |
| Introduktionsfas | Tillvänjningsperiod och test av simulatormiljö. | Förinspelade instruktioner i simulatore | 5 min | Tekniker |

| | | | | |
|------------|--|---------------------|--------|------------|
| Experiment | Deltagare utför en av de 6 utformade gränssnitten. | | 10 min | Tekniker |
| Avslutning | Avlutande information (intervju med deltagare) | Enkät 2 Intervju | 15 min | Testledare |

Datainsamling

En översikt över de data som samlats in, och tillhörande frågeställningar redovisas i

Tabell 4.

Tabell 4 Översikt över insamlad data och dess källor.

| Datakälla | Datainsamling | Delfrågeställning | Analys |
|------------------|--|---|--|
| Simulatordata | Pedalpositioner, rattposition, växel, motorvarv, estimerad momentan bränsleförbrukning, hastighet, körriktning, tillståndsförändringar | Hur förändras energiförbrukningen (körstilen) hos förare vid användande av de olika gränssnitten? | Statistiska analyser. Korrelation mellan upplevd intelligens och körstil (energiförbrukning). |
| Tobii Eyetracker | Ögonrörelser och blickmätning, fokuseringspunkter | Hur förändras uppfattningsförmågan/ fokuseringspunkter vid användande av de olika gränssnitten? | Statistiska analyser. Korrelation mellan upplevd intelligens och ögonrörelser, blickmätning. |
| Enkäter | Subjektiv upplevelse av gränssnitt via skattningsskalor (1-5) och öppna frågor | Hur upplever förare de testade gränssnitten med avseende på intelligens och tillförlitlighet? | Statistiska analyser. Signifikanta skillnader mellan subjektiv upplevelse av de olika gränssnitten. |
| Intervjuer | Subjektiv upplevelse av gränssnitt via öppna frågor | Hur upplever förare de testade gränssnitten med avseende på användbarhet? | Kvalitativ analys. Grundad teori (steg 1- öppen kategorisering av citat) |

Simulatordata

Från försökspersonen loggades: Pedalpositioner, rattposition, växel. Från den egna simulerade bilen loggas motorvarv, estimerad momentan bränsleförbrukning, samt uppgiftsrelaterad data såsom t.ex. återstående bränslemängd. Från alla bilar i den simulerade världen loggas position, hastighet, samt riktning (häriifrån kan om avstånd, acceleration, inbromsning etc. härledas). Samplingsfrekvens ligger mellan 5-20Hz. Utöver detta loggas händelser när de inträffar (t.ex. tillståndsförändringar hos trafikljus, Head Up Display (HUD)-händelser).

Enkät

Enkäten som används för att mäta den subjektiva upplevelsen av testade gränssnitt bygger i första hand på tidigare enkät använd i projektet Pre-study CARS. Enkäten har dock blivit utvidgad att passa syftet för detta projekt. Enkäten inkluderar följande element: Tillit (om man litar på systemet kanske systemet tilldelas en högre intelligensnivå, Jiun-Yin, J., Bisantz, A.M., & Drury, C.G., 2000), situationsmedvetenhet (SAGAT probing technique, Endsley, M.R., 1995b), och användbarhet (Lund, A.M., 2001). Enkäterna innefattar namngivna skattningsskalor på 5 nivåer. Enkäterna är indelade i olika ämnesområde som en övergripande påstående samt detaljpåståenden. Forskningspersonen ombedes skatta i vilken grad påståendes stämmer överens med verkligheten.

Intervju

Efter genomfört experiment genomfördes semi-strukturerade intervjuer för att fånga upp testpersonernas subjektiva upplevelse av testade gränssnitt. Deltagarna fick möjlighet att förklara deras upplevelse och på vilket sätt det har påverkat deras körbeteende. Intervjun fokuserade på öppna frågor om tillit till systemet samt dess användbarhet och intelligens. Intervjun genomfördes med 7 slumpmässigt valda testpersoner från varje testgrupp, dvs. med totalt 30 testpersoner. Intervjun tog ca 10 minuter. Testledaren är ansvarig att genomföra intervjun samt att göra en ljudinspelning av den. Genomförda intervjuer har transkriberats och analyserats enligt ”grundad teori- öppen kodning”.

Tobi- eye tracking

Tobi-eye tracker systemet är en standardutrustning som kan användas för att mäta var föraren tittar i varje ögonblick. Systemet består av ett par glasögon som innehåller ett ögonföljningsystem som gör att vi kan se vad föraren tittar på (och hur länge). De ögonrörelser som fångas analyseras med hjälp av programvara som tillhandahålls av Tobii.

5 Resultat

Det här avsnittet beskriver nyckelresultat gällande mål A (bränsleförbrukning) och mål B (benägenhet att följa systemrekommendationer) samt några andra (indirekta) resultat från projektet så som samarbete mellan Viktoria och HiS. Viktigt att påpeka är att fler analyser utifrån insamlad data är inplanerade och kommer att presenteras i form av vetenskapliga artiklar efter projektavslut.

5.1 Bränsleförbrukning (Mål A)

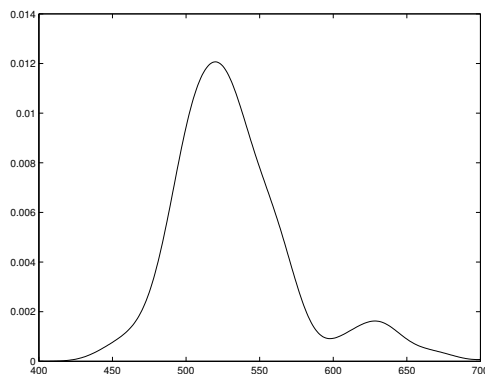
Genomsnittlig bränsleförbrukning för respektive förargrupp visas i Tabell 5 där det framgår att största förbrukningen uppmättes för förargruppen som använde grundläggande navigationssystemet utan något sparsamkörningssystem (BN-gruppen) samt för förargruppen som använde det informativa navigationssystemet i kombination

med grundläggande sparsamkörningssystemet (*IB*-gruppen). Enligt vår hypotes var resultaten för den förstnämnda väntade, medan resultaten för den andra gruppen är något avvikande (detta diskuteras senare i avsnittet).

Tabell 5 Genomsnittlig bränsle förbrukning och motsvarande 95 % konfidensintervall. Värdena är normaliserade utifrån den totala resesträckan eftersom deltagarna kunde själva välja vilken väg de åkte i simulatormiljön.

| | | Eco-driving system | | | |
|---------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | None | Basic | Informative | |
| Nav sys | Basic | μ | 555.793 | 526.456 | 526.554 |
| | | CI | [531.914, 579.671] | [510.485, 542.428] | [511.028, 542.081] |
| | Inf. | μ | 532.335 | 545.036 | 519.932 |
| | | CI | [512.864, 551.807] | [516.242, 573.831] | [510.709, 529.155] |

Mer specifikt visar resultaten att förarna som använde det grundläggande navigationssystemet och antingen det grundläggande eller det informativa sparsamkörningssystemet uppnådde en signifikant reduktion i bränsleförbrukning jämfört med förarna som körde utan något sparsamkörningssystem alls (ensidigt 95 % konfidensintervall för genomsnittlig bränsleförbrukning (ensidigt $\Delta\mu$ 95% KI) mellan förargrupperna *BN* och *BB* är [6,1307, 52.5419], och för förargrupperna *BN* och *BI* [6,20046, 52,2761]). Intressant nog har vi inte observerat en liknande effekt när navigationssystemet är informativt (ensidigt $\Delta\mu$ 95% KI mellan förargrupperna *IN* och *II* är [-5.17358, 29.9801], vilket inkluderar noll). Det framgår också att den genomsnittliga förbrukningen är lägre för förargruppen *IN* än för förargruppen *BN*, men skillnaden är inte signifikant (ensidigt $\Delta\mu$ 95% KI mellan förargrupperna *IN* och *BN* är [-1,42976, 48,3444]). Slutligen, skillnaden mellan förargruppen med endast det grundläggande navigationssystemet och förargruppen där både navigations- och sparsamkörningssystemet var informativa är signifikant (ensidigt $\Delta\mu$ 95% KI mellan förargrupperna *BN* och *II* är [14,9479, 56,7732]). *F*-testerna visar också att förargruppen *II* har en betydligt lägre varians i bränsleförbrukningen än någon annan grupp, vilket tyder på en mycket konsekvent prestanda inom gruppen ($p < 0,05$).



Figur 2 Fördelningen av den genomsnittliga bränsleförbrukningen för alla förare.

För att förtydliga dessa resultat genomfördes en vidare analys där fördelningen av genomsnittlig bränsleförbrukning för alla förare undersöktes i detalj. Resultaten i Figur 2 tyder på att det rör sig om två normalfördelningar. För att säkerställa detta anpassade vi följande modell till våra data $Y = p\Phi_1^{\mu_1, \sigma_1} + (1-p)\Phi_2^{\mu_2, \sigma_2}$ där de två Φ_s används för att indikera två normalfördelningar med deras motsvarande medelvärden μ , standardavvikelse σ och sannolikheten p att en viss datapunkt samplas från den första distributionen. Vi finner att en sådan modell passar den observerade fördelningen väl ($p = 0,9039$, $\mu_1 = 522,9$, $\sigma_1 = 29,85$, $\mu_2 = 629,3$, $\sigma_2 = 27,16$, R-kvadrat: 0,9951, RMSE: $2,738 \times 10^{-4}$). Detta är i linje med vår tidigare observation att förarpopulationen är uppdelad i två distinkta grupper, där en grupp tenderar att köra mer sparsamt än den andra. I ett nästa steg applicerades den här modellen till respektive förargrupp och det vi kunde se är att sannolikheten p att bli samplad från den första distributionen (Φ_1) ökade för förargrupperna som använde något sparsamkörningssystem. Den här effekten förstärktes när sparsamkörningssystemet var informativt. Återigen kunde vi se en avvikelse för förargruppen som använde det informativa navigationssystemet i kombination med grundläggande sparsamkörningssystemet (*IB*-gruppen).

För att klargöra den här avvikelsen i bränsleförbrukningen för förargrupp *IB* utförde vi en analys av bilens hastighet som funktion av hastighetsbegränsningen. Resultaten visar att förarna i alla grupper hade ungefär samma hastighetsbeteende så länge de körde inom hastighetsbegränsningen. När de däremot överskred hastighetsbegränsningen blev skillnaden tydlig för förarna i *IB*-gruppen. Överlag tenderar de att spendera längre tid i högre hastigheter. Liknade beteende uppstod för förarna i *BN*-gruppen. Detta ger en indikation på att avvikelsen i bränsleförbrukningen skulle kunna bero på hastigheten. En annan möjlig förklaring skulle kunna vara att ca 50 % av förarna i *IB*-gruppen hade tidigare erfarenhet av någon typ av sparsamkörningssystem, jämfört med 25 eller mindre för andra grupper. Dessutom var ca 75 % av förarna i *IB*-gruppen 29 år eller yngre till skillnad från andra grupper där andelen var 65 % eller mindre. Dessa samband kommer att studeras vidare i någon av kommande vetenskapliga artiklar.

Generellt sett är det viktigt att studera bränsleförbrukningen från körsimulatorer med viss försiktighet eftersom resultaten beror på den exakta bränsleförbrukningsmodellen som används. Huvudslutsatsen från vår analys är att det verkar finnas en betydande skillnad i bränsleförbrukningen mellan de två ytterligheterna i vår studie, dvs. mellan förargrupperna som använt bara ett grundläggande navigationssystem (*BN*) och förargruppen som använt både ett informativt navigationssystem och ett informativt sparsamkörningssystem (*II*). Baserat på de beräknade ensidiga 95 % konfidensintervallen för genomsnittlig bränsleförbrukning ($\Delta\mu$ 95% KI), motsvarar detta en genomsnittlig bränslebesparing mellan 2,88% och 10,94% för Sveriges fordonsflotta. Detta är i linje med det som rapporterats i andra studier.

5.2 Benägenhet att följa systemrekommendationer (Mål B)

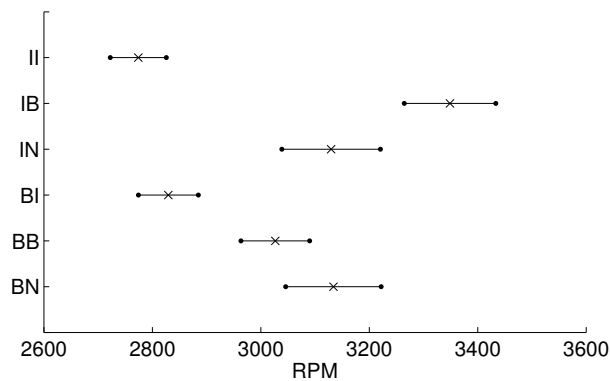
Som nämnt innan är ett av grundläggande antaganden i studien att förarna är mer benägna att följa rekommendationer från informativa system än från motsvarande grundläggande (state-of-the art) system. Överlag är våra resultat i linje med det här antagandet.

Under körningen i simulatören fick varje förare uppleva två trafiksituationer där rekommendationen från navigationssystemet avvek från informationen på vägskyltarna i trafikmiljön. Detta hände i en rondell samt i en T-korsning. Vi analyserade därför andelen förare som följde navigationssystemets förslag trots motstridiga vägskyltar (Tabell 6) och kom fram till att endast ett fåtal förare följde skyltarna vid rondellen oberoende av förargruppen. Vid T-korsningen däremot varierade förarnas benägenhet att följa navigationssystemets rekommendationer beroende på om systemet var grundläggande eller informativt. Ungefär 75 % av förarna följde det grundläggande systemet, medan det informativa systemet följdes av mer än 95 % av förarna.

Tabell 6 Andelen förare som följde vägskyltar istället för rekommendationerna från navigationssystemet.

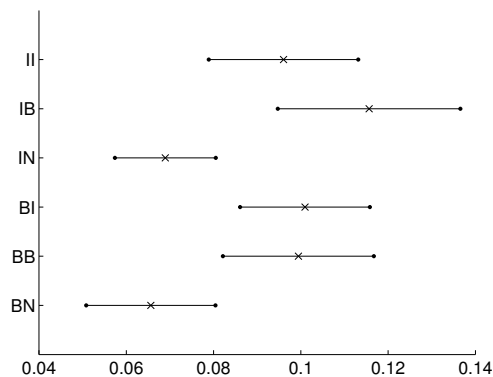
| Nav sys | Basic | | | Informative | | |
|------------|---------|------|------|-------------|------|------|
| | Eco sys | None | Bas | Inf | None | Bas |
| Roundabout | 0.05 | 0 | 0.05 | 0.09 | 0.05 | 0 |
| T-junction | 0.3 | 0.26 | 0.2 | 0 | 0.09 | 0.04 |

Analysen av förarnas benägenhet att följa sparsamkörningssystemet gjordes framförallt genom att studera vid vilket motorvarvtal (RMP) förarna väljer att växla i förhållande till systemets rekommendation att byta växel (vi definierade detta ögonblick som det sista momentet innan kopplingen trycks och att växeln ändras). Resultaten visas i Figur 2 där det framgår att, med undantag för förargruppen *IB*, sparsamkörningssystemet har bidragit till tidigare växling, och att effekten blir förstärkt när systemet är informativt. Vi bekräftar signifikansen av effekten genom att studera ensidigt konfidensintervall för genomsnittligt motorvarvtal, $\Delta\mu$ 95 % KI (*BN* och *BB*: [16,3221, 197,976]; *BN* och *BI*: [217,4, 391,523]; *BB* och *BI*: [126,951, 267,674]; *IN* och *II*: [267.878,443.052]). Det är också värt att notera är att förargruppen *IB* presterat betydligt sämre (se $\Delta\mu$ 95% KI för *IN* och *IB*: [-323,123, -115,39]).



Figur 3 Medelvärdet och motsvarande 95 % konfidensintervall för motorvarvtal (x-axel) vid vilket förarna i de olika grupperna (y-axel) väljer att växla upp som en följd av sparsamkörningssystemets rekommendationer att växla upp.

På samma har eventuella effekter av sparsamkörningssystemets rekommendationer på motorbromsningen studerats genom att titta på hur stor del av tiden som förarna tillbringade i motorbromsningsläget (det definieras här som tiden där ingen av pedalerna var nedtryckta som en konsekvens av att systemet rekommenderade att lyfta foten från gaspedalen). Resultaten visas i Figur 4 där det framgår att förargrupperna som använde ett sparsamkörningssystem tillbringade mer tid på motorbromsning (jmf. ensidiga $\Delta\mu$ 95 % KI för *BN* och *BB*: [-0,052, -0,0155]; *BN* och *BI*: [-0,052, -0,018]; *IN* och *IB*: 230 [-0,066, -0,027]; *IN* och *II*: [-0,044, -0,010]). I det här fallet kunde vi dock inte se någon signifikant skillnad mellan det grundläggande och det informativa systemet. Intressant nog är det här den enda analysen där vi inte observerat ett avvikande beteende för förargruppen *IB*.



Figur 4 Medelvärdet och motsvarande 95 % konfidensintervall för tiden (x-axel) som respektive förargrupp (y-axel) spenderade på att motorbromsa som en konsekvens av sparsamkörningssystemets rekommendation att lyfta foten från gaspedalen.

Sammanfattningsvis kan vi säga att vår studie tyder på att systemets rekommendationer har en effekt på förarens beteende, och att denna effekt är större om systemet är informativ. Undantaget är motorbromsningen där informativ versionen hade ingen betydande effekt. Det kan finnas flera möjliga orsaker till detta som exempelvis att fulla potentialen för motorbromsen redan uppnåtts när rekommendationen ges.

6 Spridning och publicering

6.1 Kunskaps- och resultatsspridning

Projektet har genomförts i tätt samarbete mellan Viktoria Swedish ICT och Högskolan i Skövde (HiS), vilket i sig har skapat nya framtidsmöjligheter då dessa parter stärkt samarbetsband. Utöver det har projektet bidragit till kunskapslyft och kompetensutveckling inom området. Vi visar också på en utforskad koppling mellan vår grundläggande tilltro om ett systems intelligens och beteendeförändringar av vikt för fortsatt forskning.

Slutsatserna från denna studie förstärker tidigare resultat och skapar värdefull information som vi kan bygga vidare på för framtida industriella projekt. Delresultaten har/kommer att spridas via konferenser och tidskrifter samt att bidra till en licentiat som doktoranden Erik Lagerstedt presenterar våren 2017. Projektets resultat kan även appliceras på andra områden inom fordonsbranschen bortom sparsamkörning (jmf. säkerhetssystem). Vidare kan kunskapen utnyttjas inom interaktionsdesignkurser med olika domänfokus vid Högskolan i Skövde.

Vidare har en ansökan skickats in till Vinnova med anledning av vidareutveckling av befintligt sparsamkörningsgränssnitt för arbetsmaskiner inom jordbruket. Resultatet från denna studie kan således få direkt industriell genomslagskraft. Vidare har en ansökan till SSF om doktorandstudier med avseende på mänskliga interaktioner med mer intelligenta, automatiserade system som automatiserade fordon skickats in vilket ytterligare kan utveckla de teoretiska ställningstaganden från denna studie.

6.2 Publikationer

Projektresultaten har presenterats i både vetenskapliga och populärvetenskapliga sammanhang. Fler publikationer är planerade efter projektets avslut.

- [1] Thill, S, Riveiro, M., Lagerstedt, E., Lebram, M., Hemeren, P, Habibovic, A., Nilsson, M., Andersson, J., To be submitted. Encouraging eco-friendly driving behaviour through system awareness: a large-scale simulator study.
- [2] Lagerstedt, E., Riveiro, M., Thill, S., "Interacting with Artificial Agents". In: SCAI2015 Doctoral consortium. 2015.
- [3] Svensson, H., Thill, S., "Integrering av forskning i undervisning." In: Nätverk och utveckling (NU) konferens: abstracts. 2016.
- [4] Thill, S., Riveiro, M., "Situation awareness in eco-driving". In: Proceedings of the 5th IEEE International Multi-Disciplinary Conference on Cognitive Methods in Situation Awareness and Decision Support. 2015, pp. 125–131.

- [5] Thill, S., Riveiro, M., Nilsson, M., “Perceived intelligence as a factor in (semi-) autonomous vehicle UX.” In: “Experiencing Autonomous Vehicles: Crossing the Boundaries between a Drive and a Ride” workshop in conjunction with CHI2015. 2015.
- [6] Thill, S., Habibovic, A., Riveiro, M., The attribution of cognitive abilities to vehicles. Workshop in conjunction with AutomotiveUI 2015 conference, Nottingham, UK. Sept. 2015.
- [7] Svensson, H., Populärvetenskaplig föreläsning om TIEB för studieadministrativa chefer vid högskolor, Apr. 2015.
- [8] Svensson, H., Föreläsning om TIEB inom Interaction Lab vid HiS för IT-minister Mehmet Kaplan och studenterna, Apr. 2015.
- [9] Svensson, H., Populärvetenskaplig föreläsning om TIEB-projektet för motormännens riksförbund (styrelsen samt Skaraborgs lokalorganisation). Aug., 2015.
- [10] Svensson, H., Presentation om integrering av forskning i undervisning för Institutionen för informationsteknologi, HiS. Nov., 2015.

7 Slutsatser och fortsatt forskning

Den genomförda studien har stärkt vår tidigare hypotes att det finns ett samband mellan vår upplevelse av ett systems upplevda intelligens och vår benägenhet att följa dess rekommendationer. Mer specifikt tyder resultaten på ett samband mellan energibesparingen och informationsgraden som en förare förseddes med. Genom att förse förare med mer informativa (intelligenta) system kan förare uppmuntras till ett mer sparsamt körbeteende. På det viset skulle energiåtgången för Sveriges existerande fordonsflotta kunna reduceras med 0.8–3 TW/h per år. Givet att denna studie genomförts i en körsimulator skulle det vara värdefullt att verifiera dessa slutsatser i en mer realistisk miljö (t.ex. på testanläggningen AstaZero eller i verklig trafik).

8 Deltagande parter och kontaktpersoner

| | | |
|------------------|---|---|
| Part | Viktoria Swedish ICT  | Högskolan i Skövde  HÖGSKOLAN I SKÖVDE |
| Kontaktpersoner | Maria Nilsson Maria.nilsson@viktoria.se | Serge Thill serge.thill@his.se |
| Övriga deltagare | Azra Habibovic, Jonas Andersson | Maria Riveiro, Erik Lagerstedt (doktorand i projektet), Mikael Lebram, Henrik Svensson, Paul Hemeren |

9 Referenslista

Branigan, H. P., Pickering, M. J., Pearson, J. McLean, J. F. and Brown, A. (2011) The role of beliefs in lexical alignment: Evidence from dialogs with humans and computers, *Cognition*, vol. 121, no. 1, pp. 41 – 57, [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010027711001363>

Barbé, J. Boy, G (2007). On-board system design to optimise energy management. In proceedings of Symposium on Analysis, Design, and Evaluation of Human-Machine Systems Analysis, Design, and Evaluation of Human-Machine Systems, Vol. 10, Part 1. Korea,

Barkenbus, J. N (2010) Eco-driving: An overlooked climate change initiative, *Energy Policy* 38, 762-769

Froehlich, J., Findlater, L., Landay, J. (2010) The Design of Eco-Feedback Technology. In proceedings of CHI2010: Home Eco Behaviour. April 10-15, Atlanta GA, USA

Gonder, J., Earleywine, M., Sparks, W (2011). Final Report on the Fuel Saving Effectiveness of Various Driver Feedback Approaches. National Renewable Energy Laboratory. Milestone Report
NREL/MP-5400-50836

Helldin, T., Falkman, G., Riveiro, M., Davidsson, S. (2014) Presenting system uncertainty in automotive UIs for supporting trust calibration in autonomous driving. In proceedings of *AutomotiveUI '13*, October 28 - 30 2013, Eindhoven, Netherlands

Kopp, S (2010) Social resonance and embodied coordination in face-to-face conversation with artificial interlocutors. *Speech Communication*, vol. 52, no. 6, pp. 587–597 [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.specom.2010.02.007>

Lee., H., Lee, W., Lim, Y-K., (2010) The Effect of Eco-Driving System Towards Sustainable Driving Behavior. In proceedings of: CHI 2010, April 10–15, 2010, Atlanta, Georgia, USA.

Rakotonirainy, A., Haworth, N., Saint-Pierre, G. and Delhomme, P., (2011), Research issues in Eco-driving. 22nd International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles, June 13 - 16, 2011 Washington, DC

Stillwater, Tai (2011) Comprehending Consumption: The Behavioral Basis and Implementation of Driver Feedback for Reducing Vehicle Energy Use. Institute of Transportation Studies, University of California, Davis, Research Report UCD-ITS-RR-11-13

Vollmer, A-L., Wrede, B., Rohlfing, K. J., and Cangelosi, A. (2013) Do beliefs about a robot's capabilities influence alignment to its actions?" in Development and Learning and Epigenetic Robotics (ICDL), 2013 IEEE Third Joint International Conference on, 2013, pp. 1-6.

Young, M. S., Birrell, S. A., Stanton, N. A. (2011) Safe driving in a green world: A review of driver performance benchmarks and technologies to support 'smart' driving. Applied ergonomics 42, 533-539.

Fiat, 2010. tillgänglig via:

http://www.fiat.co.uk/uploadedFiles/Fiatcouk/Stand_Alone_Sites/EcoDrive2010/ECO-DRIVING_UNCOVERED_full_report_2010_UK.pdf

Volvo, 2013 tillgänglig via: <http://www.efesos.net/drivi.html>

Effecta, tillgänglig via <http://vinnova.se/sv/Resultat/Projekt/Effekta/SET-Sakra-Effektiva-Transporter/>

Cordi, tillgänglig via

http://cordis.europa.eu/fetch?CALLER=PROJ_ICT&ACTION=D&CAT=PROJ&RCN=100