

Utvärdering av mätmetod för ickeverbal kopplingsgrad i interaktionen mellan förare och fordon.

Mats Björkman

Skardet 130
SE-442 97 KODE

Tfn 0739-04 11 70

e-mail: mats@active-attention.com

Sammandrag

Statens Väg och Transportforskningsinstitut har på uppdrag av Active Attention genomfört ett Skyltfondsfinansierat försök i personbilssimulatore i syfte att utvärdera en nätmetod. Metoden används för numerisk bestämning av fordonsförarens grad av kontroll på en undermedveten mikronivå (sensorisk/ motorisk) och därigenom ett dynamiskt mått på förarens vakenhet och kognitiva kontrolltillstånd. Försöket har genomförs som en inomgruppsdesign där tio förare har kört under två betingelser dels när de är trötta och dels när de är utvilade. För att uppnå hög validitet på utvärderingen har försöket lagts upp som ett dubbelt blindtest.

Resultatet av utvärderingen visar på goda korrelationer mellan försökspersonernas skattning och mätmetodens beräknade värden.



- Försöksupplägg

VTI (Statens Väg och Transportforskningsinstitut) har genomfört ett försök i personbilssimulator för Active Attention i syfte att utvärdera en mätmetod för dynamiskt bestämning av bilförarens vakenhet och kognitiva kontrolltillstånd. Projektledare på VTI var Björn Peters.

I försöket har tio förare fått köra två timmar under två olika betingelser, dels när de är trötta och dels när de är utvilade. För att uppnå hög trovärdighet i utvärderingen har försöket utformats som ett blindtest. VTI har levererat kördata uppdelad i 5-minuters avsnitt till Active Attention utan att ange förarens tillstånd förutom för ett referensavsnitt där föraren varit pigg. Active Attention har sedan beräknat kopplingsgrad och reaktionsspektrum för de olika avsnitten och klassat graden av trötthet enligt Karolinska KSS-skalan. VTI har därefter jämfört resultatet från Active Attention med andra mått på trötthet för att verifiera metoden.

Försöket genomfördes som en inomgruppsdesign. För att motverka ordningseffekter har den ena hälften av förarna att börjat köra trötta och resterande utvilade.

- Försökspersoner

Som försökspersoner har nattskiftarbetare engagerats. En målsättning var också att få en jämn köns- och åldersfördelning. Försökspersonerna skulle vara erfarna bilförare dvs. ha haft körkort i minst 5 år och köra minst 1000 mil/år.

- Köruppgift

Tämligen rak landväg med 3.5 m brett körfält och mötande trafik av slumpmässigt varierande men låg frekvens. Vägen hade en slumpmässigt varierande horisontell och vertikal kurvatur med ganska stora radier. Skyltad hastighet var 90 km/h. Vid varje tillfälle körde försökspersonerna 2 timmar. Det vill säga vägen var ca 20 mil lång.

- Mått

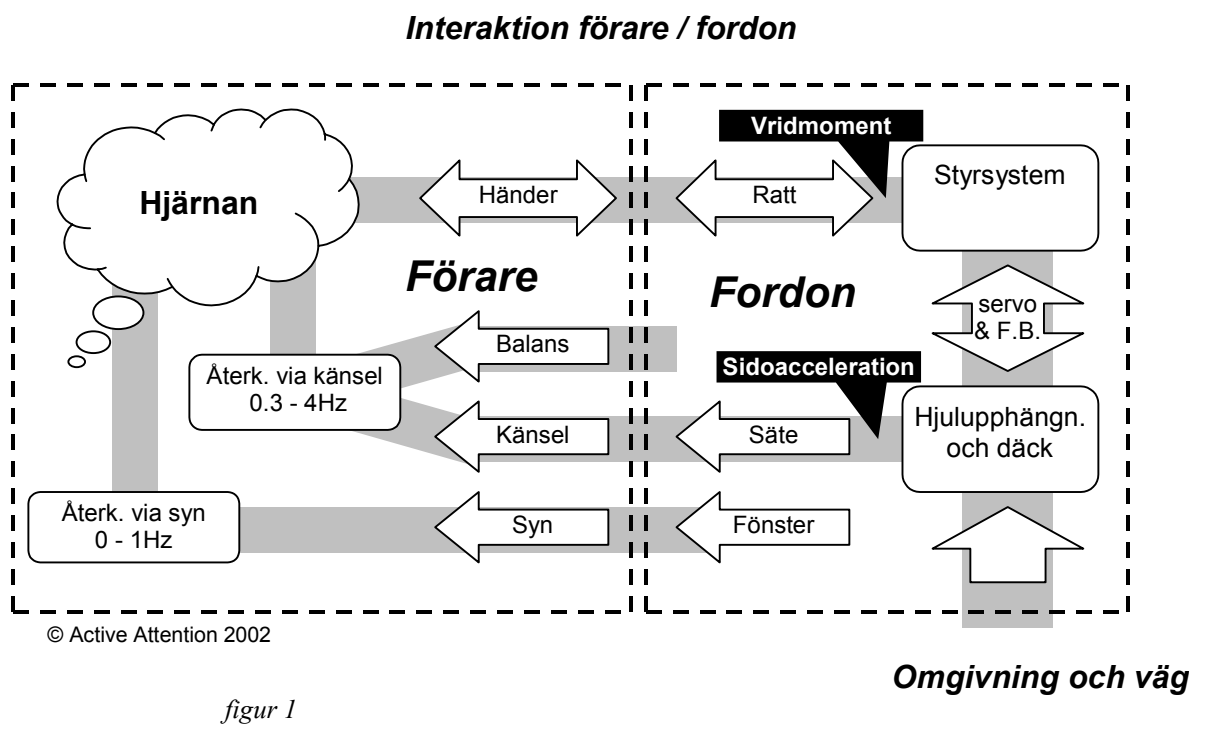
Förutom de av Active Attention bearbetade signalerna togs ett antal andra mått för analys av körprestationen t.ex. hastighet, sidoläge, sidolägesvariation, TLC (Time to line crossing), och rattvinkel. Förarens grad av upplevd trötthet har mätts med hjälp av KSS (Karolinska Sleepiness Scale). Försöksledaren har också bedömt förarens trötthet med samma skala. Som ytterligare ett trötthetsrelaterat fysiologiskt mått har (EOG – Electro OculoGram) registreras. Frågeformulär användes för att samla in bakgrundsdata och data som var väsentliga för att kontrollera försökspersonernas trötthetsnivå före experimentet.

- Procedur

Varje försöksperson genomför köruppgiften vid två separata tillfällen. Dels direkt efter en hel natts arbete och dels när försökspersonen var helt utvilad. Båda körningarna gjordes på samma tid på dygnet (morgonen). Var 5:e minut, en gång per dataavsnitt fick försökspersonen skatta graden av trötthet genom att muntligt besvara en fråga på bilskärmen "TRÖTT?" med en siffra enligt KSS.

- Teori

Utgångspunkten för mätmetoden är att en erfaren förarens hjärna, undermedvetet och under normala betingelser, hanterar fordonet som en förlängning av kroppen. Skridskoåkning, skidåkning och cykling är andra exempel på aktiviteter där hjärnan betraktar redskapen som en del av kroppen. En motoriserad protes med muskelsensorer är kanske ett ändå tydligare exempel på hur hjärnan utvidgar sin motorik och sensorik. Föraren och fordonet kopplas ihop till en enhet som rör sig i vägtrafiksystemet.



Förare - fordon - omgivning, detaljer som skall fungera ihop. Fogens kvalitet är avgörande för den totala säkerheten. Det handlar inte om hur bra detaljerna är var för sig utan om hur väl de fungerar ihop. I fogen eller gränssnittet avspeglas den totala funktionen och säkerhetsmarginalen. Syftet med Active Attentions mätmetoder är att extrahera parametrar vilka kan användas som indikatorer på förarens vakenhet och kognitiva kontrolltillstånd. Denna information är viktig eftersom den avspeglar "ekipagets" totala säkerhetsmarginal. Pigg och erfarna förare orsakar mycket sällan olyckor och fatala materialfel är ytterst sällsynta. Olyckor orsakas på grund av "inkompatibilitet" över gränssnitten som inte kan hanteras av föraren. Exempel på inkompatibilitet kan vara ett ogynnsamt förhållande mellan bilens fartresurser, väglag och gällande hastighetsbegränsning men en skicklig förare kompenserar för detta. Det som utgör den största faran är att förarens förmåga att hantera fordonet säkert inte är statisk. Nu talar vi om inkompatibilitet i form av trötthet, alkoholpåverkan osv. men också i form av oerfarenhet och till och med ålder.

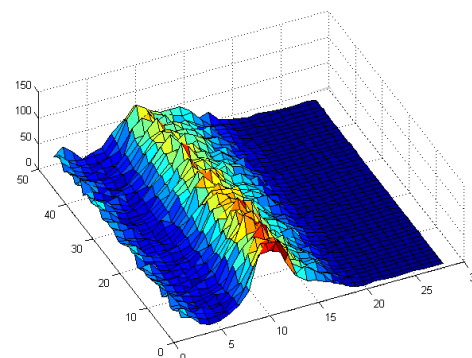
- Kopplingsgrad

Active Attention har infört begreppet kopplingsgrad som ett mått på hur hårt förare och fordon är hopkopplade sensoriskt / motoriskt på det undermedvetna planet. Vi talar om mikrokontroll och mikrokommunikation inom ett begränsat frekvensområde. En hög kopplingsgrad betyder en pigg och alert förare med god kontrollförmåga, en låg kopplingsgrad visar på en

trött, alkoholpåverkad eller distraherad förare med försämrade kontrollförmåga. En hög kopplingsgrad kräver ett väl fungerande samspel mellan förare och fordon med ett aktivt feed forward- / feed back- system. Försöken i VTI:s simulator bekräftar sambandet mellan kopplingsgrad och förarens vakenhet.

- Reaktionsspektrum

Active Attention har också infört begreppet reaktionsspektrum ur vilket ytterligare data kan extraheras för beskrivning av förarens profil och kontrollförmåga. I interaktionen mellan föraren och fordonet utväxlas en ständig ström av information i ett avancerat feed forward / feed back -system. Reaktionsspektrumet avspeglar en viktig del av förarens rörelsemönster eller "signatur". Rörelsemönstret förefaller vara unikt för en varje förare men vissa övergripande parametrar har kunnat identifieras.



figur 2
Reaktionsspektrum

- Beräkningsmetoder

Active Attention har beräknat totalt sex olika mått på förarens trötthet vilka baseras på kopplingsgrad och / eller reaktionsspektrum.

Mått	Metod			
	Kopplings- grad A	Kopplings- grad B	Reaktions- spektrum	Standardav- vikelse
AA0	X			
AA1			X	
AA2				X
AA3		X		
AA4	X			
AA5	X	X	X	

tabell 1
Beräkningsmetoder

Skillnaden mellan kopplingsgrad A och B ligger i att A beräknas som ett tidsmässigt förhållande: tiden då och B som ett amplitudmässigt förhållande. Standardavvikelsen baseras enbart på ratt rörelser.

- Resultat

Resultatet av projektet motsvarar uppsatta målsättningar. Experimenten genomfördes som ett dubbelt blindtest vilket har inneburit obefintliga möjligheter till optimering av beräkningsalgoritmer men en mycket hög validitet i resultatet.

Resultatet redovisas i en korrelationstabell där de olika måtten korrelerar mot försökspersonernas egna skattningar av sin trötthet. Förare 8 har inte medtagits i beräkningen av medelvärdet av korrelationen eftersom förutsättningarna varit allvarligt påverkade. I efterhand har det framkommit att förare 8 i princip slutat köra eller kört med mycket låg hastighet. Vid beräkning av Active Attentions värden förutsattes att förarna följde vägmiljöns hastighetsgränser. Tabellen är sorterad efter absolutbeloppet av medelkorrelationen.

Mått	Försöksperson										Medel ex 8
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
AA3	0,80	0,71	0,53	0,85	0,57	0,73	0,86	-0,59	0,65	0,39	0,68
AA5	0,83	0,69	0,54	0,84	0,60	0,75	0,86	-0,57	0,55	0,43	0,67
AA4	0,67	0,59	0,54	0,80	0,55	0,71	0,76	-0,29	0,63	0,44	0,63
SD Lat pos	0,79	0,78	0,69	0,81	0,59	0,47	0,39	0,31	0,28	0,81	0,62
Blink duration	0,68	0,52	0,46	0,97	0,25	0,60	0,57	0,49	0,67	0,86	0,62
AA0	0,69	0,74	0,44	0,81	0,52	0,66	0,74	-0,49	0,62	0,30	0,61
AA1	0,78	0,67	0,43	0,79	0,46	0,55	0,83	-0,48	0,66	0,12	0,59
Min TLCI	-0,66	-0,75	-0,07	-0,33	-0,63	-0,73	-0,48	0,01	-0,61	-0,81	-0,56
Min TLCr	0,82	0,77	0,20	0,37	0,56	0,67	0,39	0,29	0,50	0,71	0,55
PCLOS	0,77	0,72	-0,09	0,55	0,45	0,74	0,59	0,76	0,19	0,86	0,53
AA2	0,82	0,43	0,28	0,73	0,51	0,72	0,70	-0,60	0,18	0,34	0,52
Min lat pos	-0,66	-0,63	-0,53	-0,74	-0,47	-0,48	-0,50	-0,18	-0,10	-0,55	-0,52
Max lat acc	0,64	0,58	0,21	0,75	0,26	0,46	0,39	-0,58	0,40	0,47	0,46
SD Speed	0,55	0,39	0,17	0,43	0,61	0,07	0,17	0,58	0,18	0,50	0,34
Mean lat pos	0,35	-0,09	0,25	0,16	0,22	0,60	-0,07	0,00	0,66	0,27	0,26
Blink frequency	0,20	0,63	-0,20	-0,65	0,46	0,63	0,48	0,72	-0,59	0,57	0,17
SD Steering angle	0,26	0,29	0,12	0,21	0,03	0,01	0,41	-0,68	0,04	0,05	0,16
Min TLC abs	-0,04	0,03	0,19	0,30	0,17	-0,01	0,29	0,23	0,05	-0,81	0,02
Max notering	0,83	0,78	0,69	0,97	0,61	0,75	0,86	0,76	0,67	0,86	0,68

tabell 2

Korrelationer mellan trötthetsmått och förarnas egen skattning. Sortering efter absolutbeloppet av medelkorrelationen. Färgad markering = toppnotering

Vår bedömning är att resultatet visar på mycket goda förutsättningar för funktionella och effektiva produktapplikationer baserade på Active Attentions teknik. Styrkan ligger i förhållandet mellan funktion och enkelhet.

Diagrammet nedan visar försöksperson 1:s egen skattning i förhållande till AA5. Dataavsnitten ligger i kronologisk ordning. Avsnitt 1 - 24 härrör från tillfället då föraren startar utvilad och avsnitt 25 till 48 när föraren kört trött. Det finns anledning att anta att när föraren upplever sig som mycket trött (9 på KSS) är det egentligen flera nivåer.

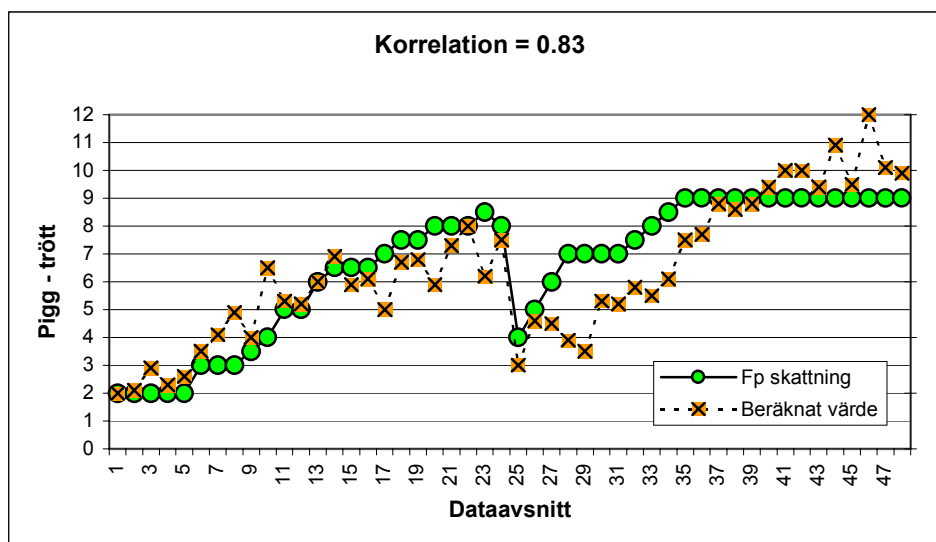


diagram 1

Korrelation mellan försöksperson 1:s skattning och beräknat värde

Diagrammet nedan visar försöksperson 3:s egen skattning i förhållande till AA5. Försöksperson 3 var en av de svårare att klassa. Korrelationen stannar på 0.54. Många av referensmätningarna visade också sämre korrelationer PCLOS, min TLC etc. En medelvärdesbildning över exempelvis 20 minuter förbättrar korrelationen avsevärt.

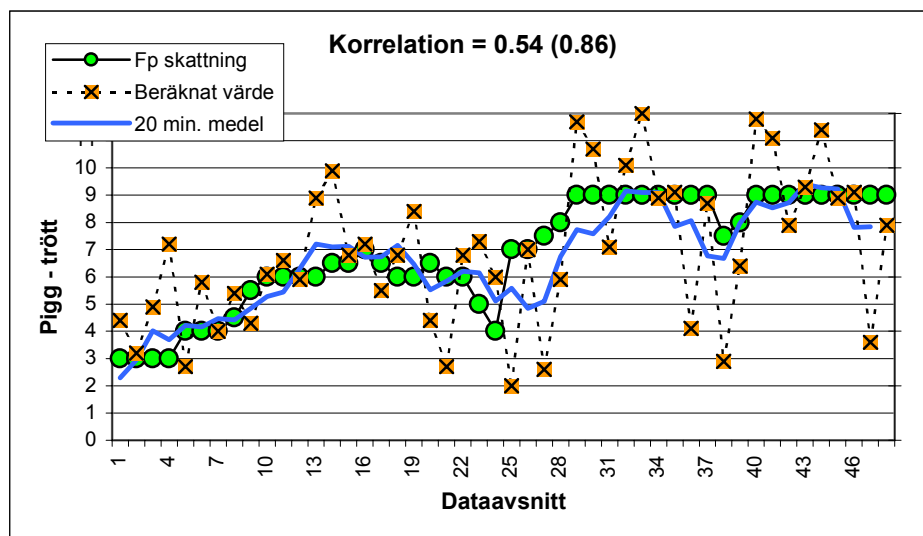


diagram 2
 Korrelation mellan försöksperson 3:s skattning och beräknat värde
 Korrelation mot medelvärdet inom parentes

Diagrammet nedan visar försöksperson 5:s egen skattning i förhållande till AA5 avrundat till heltal. En tänkbar förklaring till differensen mellan egenskattad och beräknad trötthet kan ligga i förarens medvetenhet om tröttheten med någon form av kompensation som följd.

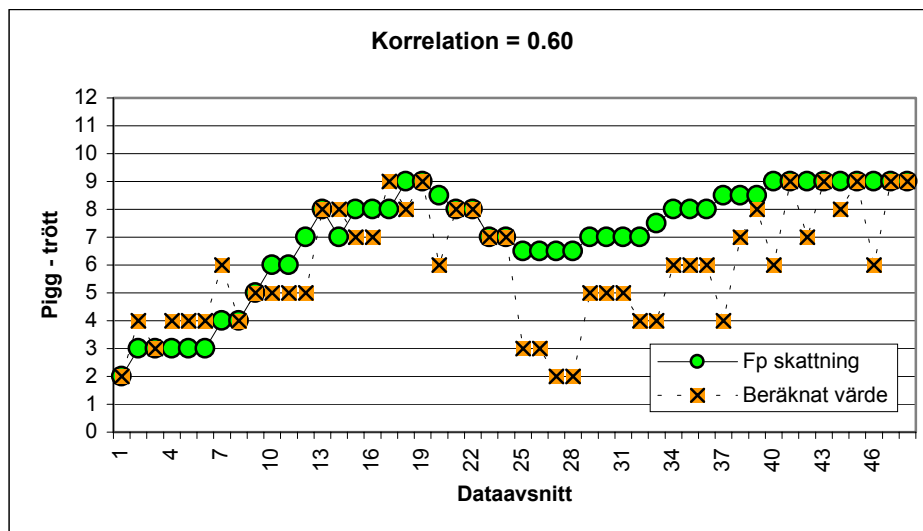


diagram 3
 Korrelation mellan försöksperson 5:s skattning och beräknat värde

- Erfarenhet

I tidigare praktiska försök har ett samband mellan förarens erfarenhet och fördelningen av förarens reaktionstider kunnat iakttas och försöket i simulatorm verifierar sambandet. Erfarenhetsberäkningen är dock inte blindtestad.

I tabellen nedan redovisas beräkningsresultatet i förhållande till årlig körsträcka.

FP	Körkort år	Total körsträcka mil	norm. sträcka per år	beräknad vana
1	23	23 000	0,49	0,34
2	8	8 800	0,54	0,74
3	7	4 900	0,34	0,80
4	18	32 000	0,87	0,77
5	7	14 000	0,98	0,85
6	7	1 400	0,10	0,09
7	23	46 000	0,98	0,99
8	17	20 400	0,59	0,49
9	18	36 000	0,98	1,00
10	36	36 000	0,49	0,69

tabell 3

Normaliserad körsträcka och beräknad vana.

I diagrammet nedan visas korrelationen mellan verklig körsträcka per år och utifrån reaktionspektrumet beräknad vana.

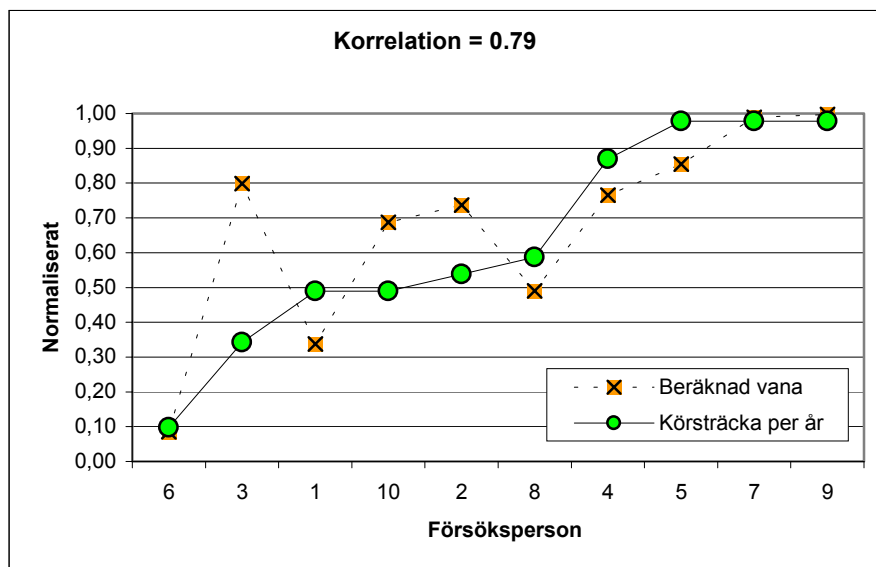


diagram 4

Korelation mellan verklig körsträcka per år och beräknad vana.

- Referenser

Kandel, Schwartz, Jessel "*Principles of Neural Science*" Mc Graw Hill 2000, Part V & VI

Maybeck "*Stochastic models, estimation, and control I*" Academic Press 1979

Sjöden "*Hjärnan*" Brain Books AB 1995

Kircher, Uddman, Sandin *VTI meddelande 922A* VTI 2002

**Teknik och metoder
är patentskyddade**

WO 01/60254 & WO 02/17787