

**Kritisk granskning av olika metoder för att mäta
kognitiv belastning inom navigationssystem och
bilkörning**

(HS-IDA-EA-03-506)

Evelina Nylander (a00eveny@ida.his.se)

Institutionen för datavetenskap

Högskolan i Skövde, Box 408

S-54128 Skövde, SWEDEN

Examensarbete på det kognitionsvetenskapliga programmet under
vårterminen 2003.

Handledare: Anna-Sofia Alklind Taylor

Kritisk granskning av olika metoder för att mäta kognitiv belastning inom navigationssystem och bilkörning

Examensrapport inlämnad av [Evelina Nylander] till Högskolan i Skövde, för Kandidatexamen (B.Sc.) vid Institutionen för Datavetenskap.

[2003-06-07]

Härmed intygas att allt material i denna rapport, vilket inte är mitt eget, har blivit tydligt identifierat och att inget material är inkluderat som tidigare använts för erhållande av annan examen.

Signerat: _____

Kritisk granskning av olika metoder för att mäta kognitiv belastning inom navigationssystem och bilkörning

Evelina Nylander (a00eveny@ida.his.se)

Sammanfattning

Att köra bil är en komplex uppgift som kräver mycket av förarens kognitiva processer. I dagens samhälle finns det system som ska stödja säkerheten vid bilkörning och ett exempel på ett sådant system är navigationssystem som ska hjälpa föraren att hitta vägen till en destination. Det finns dock en risk att ett navigationssystem kan belasta förarens uppmärksamhet och andra kognitiva processer. Det är därför av vikt att det finns tillfredsställande metoder för att mäta förarens belastning på. Arbetet är en litteraturstudie som syftar till att kritiskt granska och jämföra två av dessa metoder, sekundära uppgifter och NASA TLX, i samband med bilkörning och navigationssystem. Det verkar finnas en tendens till att forskning inom navigationssystem inte använder metoden sekundära uppgifter särskilt ofta medan forskning inom bilkörning gör det. Detta visade sig stämma överens med den slutgiltiga analysen. Sekundära uppgifter visade sig vara mer lämplig metod att använda för att mäta belastning. Det skulle därför vara till fördel om forskningen inom navigationssystem utförde studier där metoden sekundära uppgifter används.

Nyckelord: Uppmärksamhet, Kognitiv belastning, Navigationssystem, Bilkörning, Sekundära uppgifter, NASA TLX

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Problembeskrivning	2
1.1.1 Problemprecisering.....	2
1.1.2 Förväntat resultat	3
1.1.3 Avgränsning	3
1.1.4 Metod.....	3
1.2 Översikt	4
2 Mätning av belastning på människans kognition	6
2.1 Subjektiva mätningar	6
2.2 Fysiologiska mätningar	7
2.3 Prestationsbaserade uppgifter	8
2.3.1 Primära uppgifter.....	8
2.3.2 Sekundära uppgifter.....	8
3 Uppmärksamhet	11
3.1 Visuell sökning	11
3.3 Auditiv uppmärksamhet	13
3.4 Delad uppmärksamhet.....	13
4 Kognitiv belastning	17
5 Bilkörning	19
5.1 Bilförarens visuella informationshantering	21
5.2 Navigering	22
6 Navigationssystem	24
6.1 Resultat från forskning inom navigationssystem.....	27
6.1.1 Modalitet av navigationssystemet	27
6.1.2 Informationens innehåll och format	29
6.1.3 Placering av displayen	29
7 Analys	31
7.1 Jämförelse mellan NASA TLX och sekundära uppgifter	31
7.1.1 Känslighet	32
7.1.2 Diagnos	33
7.1.3 Selektivitet	33
7.1.4 Närgångenhet	34
7.1.5 Reliabilitet.....	34

7.1.6 Sammanfattning av jämförelsen.....	34
7.2 Användning av sekundära uppgifter och NASA TLX.....	35
7.2.1 Varför används inte sekundära uppgifter inom navigationssystem?.....	37
7.3 Vikten av att välja sekundär uppgift	38
8 Diskussion.....	39
8.1 Framtida studier	40

Referenslista

1 Inledning

Att köra bil är en komplex uppgift som enligt Groeger (2000) kräver full koncentration och uppmärksamhet eftersom varje del i bilkörandet kräver mycket av förarens mentala aktivitet. Om uppmärksamheten på något vis störs kan konsekvenserna bli förödande, både för bilföraren själv och för omgivningen runt omkring. När föraren är erfaren blir dock själva bilkörandet en automatisk process, men säkerheten är fortfarande av stor vikt. Det finns enligt Verwey (2000) även en risk att förarens kognitiva processer belastas, men denna belastning varierar dock mycket inom olika situationer inom bilkörningen. I dagens samhälle finns det många hjälpmedel för att stödja säkerheten vid bilkörning. Eftersom bilkörning är en uppgift som kan få allvarliga konsekvenser är det viktigt att utvärdera de nya verktygen så att de inte stjälper istället för hjälper användaren. Ett exempel på ett system som ska öka säkerheten vid bilkörning är navigationssystem som stödjer användaren i att hitta vägen till en förutbestämd destination. Att inte kunna navigera kan leda till stress och frustration vilket kan göra föraren farlig för trafiken. Navigationssystem erbjuder enligt Ross och Burnett (2001) en teknisk lösning som gör det möjligt för föraren att navigera i främmande områden och anlända på en fördefinierad destination. På grund av systemens pris fanns de tidigare enbart i lyxbilar men nu blir de allt mer vanliga på marknaden, även i familjebilar. Ett navigationssystem innebär ett informationssystem som finns inuti bilen och har en display där det finns information om färdvägen. Föraren skriver först in vilken destination som önskas och sedan räknar systemet ut närmaste vägen dit. De flesta system visar färdvägen i form av en karta och vissa system har dessutom pilar som visar när och åt vilket håll föraren ska svänga. De flesta navigationssystem har även en röst som säger när föraren ska vara beredd på att svänga (Ross & Burnett, 2001).

Ett navigationssystem kan dock belasta förarens uppmärksamhet och andra kognitiva processer och medföra att förarens blick är riktad inuti bilen istället för utanför där allt sker, vilket kan få förödande konsekvenser. Det är därför av vikt att utforma navigationssystemen så att användaren kan få informationen presenterad på ett effektivt sätt. Det är även viktigt att beakta om informationen som presenteras på displayen är anpassad efter förarens kognitiva processer. Exempel på en anpassning som bör beaktas är att informationen som presenteras ska vara så reducerad som möjligt och att informationen är i en storlek och form som medför att användaren uppfattar informationen på ett snabbt och smidigt sätt. Det är därför även av vikt att undersöka relationen mellan föraren och navigationssystemet och ta fram faktorer som kan användas i utformningen av gränssnittet för att föraren ska trivas med produkten och kunna koncentrera sig på körningen. Ross och Burnett (2001) menar att det finns en förståelse hos utvecklaren att det är viktigt att ta hänsyn till kognitiva faktorer för att skapa säkra och användbara system som användaren trivs med. Vad som behövs nu är däremot att undersöka mer i detalj hur systemet ska anpassas efter människans förutsättningar och begränsningar eftersom fel utformning kan innebära döden eller allvarlig skada för föraren och dess omgivning.

Den visuella uppmärksamheten är något som används väldigt mycket både i uppgiften att köra bil samt när navigationssystemet ska avläsas och tolkas. Eftersom de flesta system även har en röst som säger när föraren ska svänga har den auditiva uppmärksamheten

1 Inledning

också betydelse vid användandet av navigationssystem. Det är av vikt att undersöka vad användaren uppmärksammar och hur informationen sedan bearbetas i hjärnan. Genom att undersöka förarens uppmärksamhet och kognitiva belastning är det möjligt att få en djupare förståelse för hur systemet ska utformas då det är möjligt att se hur det går att underlätta för förarens kognitiva processer och därmed öka säkerheten. Begreppen kognitiv belastning och uppmärksamhet ligger väldigt nära varandra, särskilt om det handlar om belastning på uppmärksamhet. Ett exempel där det visas tydligt är när Verwey (2000) definierar kognitiv belastning som hur mycket uppmärksamhet som krävs för att ta ett beslut. Vad är då uppmärksamhet? Människan tar ständigt in information från omgivningen via sina sinnen och uppmärksamhet handlar om hur och vad som bearbetas vidare och därmed vad människan blir medveten om. Genom att tillämpa information om uppmärksamhet och kognitiv belastning inom navigationssystem är det möjligt att utforma systemen så att föraren uppfattar informationen på ett sätt som belastar förarens kognition och uppmärksamhet minimalt. Detta leder i sin tur till högre säkerhet i trafiken då förarens uppmärksamhet riktas mer utanför bilen istället för innanför.

1.1 Problembeskrivning

Eftersom det är av vikt att beakta hur människans uppmärksamhet och andra kognitiva processer påverkas av att implementera ett navigationssystem är det viktigt att det finns tillfredsställande metoder för att mäta det. Det finns enligt Connelly (1995) olika metoder för att mäta uppmärksamhet och kognitiv belastning som kan delas in i kategorierna: prestationsbaserade uppgifter, fysiologiska mätningar och subjektiva mätningar. Mätningarna kommer att beskrivas mer i detalj i kapitel två. Inom prestationsbaserade uppgifter finns teknikerna primär- och sekundäruppgiftsmätning. Den som används mest av dessa är sekundära uppgifter. Denna metod innebär att försökspersonerna utför en sekundär uppgift parallellt med den primära. Prestationen av den sekundära uppgiften mäts för att se hur mycket uppmärksamhet som finns kvar från den primära uppgiften. Med fysiologiska mätningar menas att exempelvis mäta utövarens hjärtslag; ju snabbare hjärtslag desto mer belastas personens uppmärksamhet och andra kognitiva processer. Subjektiva mätningar innebär att utövaren själv bedömer hur mycket uppgiften som utförts har krävt av deras uppmärksamhet och kognitiva belastning.

1.1.1 Problemprecisering

Efter att ha läst ett fåtal artiklar inom området verkar det som att det finns en skillnad mellan hur de olika metoderna används inom bilkörning och navigationssystem. Det verkar finnas en tendens till att forskningen inom bilkörning använder metoden sekundära uppgifter flitigt. Forskningen inom navigationssystem verkar däremot inte använda metoden särskilt ofta. Inom navigationssystem används istället en subjektiv metod som kallas NASA TLX. Metoden innebär enligt Wickens (1992) att utövaren svarar på ett antal frågor som handlar om kognitiv och fysisk belastning, tidspress, prestation, ansträngning samt frustration.

1 Inledning

I detta arbete kommer det att fokuseras på de sekundära uppgifterna och NASA TLX och hur de används inom områdena bilkörning och navigationssystem. Anledningen är att det verkar finnas en skillnad i hur metoderna används inom de båda områdena. Säkerheten inom bilkörning och olika aspekter av det är central. Det är därför av vikt att de metoder som används för att mäta hur människan påverkas verkligen mäter det de ska. Om forskningen inom bilkörning och navigationssystem använder olika metoder är det frågan vad detta kan bero på. Arbetet syftar till att kritiskt granska användandet av sekundära uppgifter och NASA TLX i samband med bilkörning och navigationssystem. Frågeställningen är om det finns en skillnad i användandet av dessa metoder inom bilkörning och navigationssystem och vad denna skillnad i så fall kan bero på.

1.1.2 Förväntat resultat

Det verkar finnas en trend till att sekundära uppgifter används oftare inom bilkörning än när olika aspekter av navigationssystem mäts. Genom att utföra detta arbete förväntas det därför framgå att sekundära uppgifter används oftare när olika aspekter av bilkörning mäts än när belastning mäts på olika aspekter av navigationssystem. I detta arbete kommer alltså sekundära uppgifter jämföras med andra metoder som används för att mäta belastning.

1.1.3 Avgränsning

Sekundära uppgifter kommer alltså att jämföras med NASA TLX eftersom det verkar vara en accepterad metod och framförallt då den verkar användas inom forskningen som handlar om navigationssystem. Det skulle vara bra om det var möjligt att jämföra samtliga metoder men på grund av tidsbrist är detta dock inte möjligt. Denna avgränsning kommer inte att styra litteratursökningen, om det uppkommer artiklar som inte använt sekundära uppgifter och NASA TLX kommer även de att presenteras.

1.1.4 Metod

Det finns olika metoder för att få fram ett resultat till en frågeställning. Den aktuella frågeställningen spelar naturligtvis en stor roll när metod ska väljas. Även om frågeställningen måste styra metodvalet finns det andra faktorer att beakta såsom vilka resurser och tid som finns tillgänglig för det aktuella arbetet.

Frågeställningen skulle kunna besvaras genom att göra undersökningar där olika metoder används och sedan jämföra resultaten för att avgöra vilken metod som har gett mest information om förarens belastning. En sådan undersökning skulle kunna utföras genom att studera försökspersoner när de interagerar med ett navigationssystem och mäta deras belastning både genom att använda NASA TLX och sekundära uppgifter på olika försökspersoner. Sedan skulle dessa resultat jämföras för att se vilken av metoderna som får fram mest information om förarens belastning. För att kunna utföra en sådan studie krävs alltså en bil med ett navigationssystem, försökspersoner, rekvisita till den sekundära uppgiften etc. Det skulle vara möjligt att få fram försökspersoner och en bil, men det är svårt att få tag i ett navigationssystem på den begränsade tid som finns för

1 Inledning

detta arbete. Det är alltså problem med att få fram resurser på den tid som finns till förfogande för arbetet till en sådan studie och därför kommer det inte vara möjligt att genomföra det i detta arbete. Frågeställningen kommer istället att besvaras genom en litteraturstudie där resultat från andras undersökningar och olika teorier kommer att presenteras, jämföras och slutligen analyseras. En fördel med en litteraturstudie är att det kräver få praktiska resurser. Ett problem kan dock vara om det inte finns tillräckligt med tryckt vetenskapligt material. Risken med att utföra en empirisk undersökning är att det inte ger något resultat. I en litteraturstudie används istället resultat från tidigare studier och dessa jämförs och analyseras på ett nytt sätt för att få fram ett resultat. Genom att utföra en litteraturstudie är det möjligt att se samband mellan olika delar som inte framkommit tidigare.

En litteraturstudie kan enligt Dawson (1999) delas in i två delar, en litteratursökning och en litteraturpresentation. Litteratursökning innebär att material sökes, sorterar, systematiseras samt administreras och en litteraturpresentation innebär att det erhållna materialet presenteras. Litteratursökningen kan ses som en iterativ process där gränser sätts upp för vad sökningen ska fokusera på. Utifrån dessa gränser söker undersökaren sedan efter relevant litteratur (Dawson, 1999). Litteraturen till arbetet kommer att avvägas av olika faktorer såsom årtal och tillgänglighet. Eftersom domänen om navigationssystem är relativt ny och under ständig förändring kommer årtalet att ha stor betydelse och artiklarna ska vara så färskas som möjligt när litteratur från den domänen ska väljas. Årtalets betydelse minskar när information om olika grundteorier ska tas fram. Årtalet har naturligtvis fortfarande betydelse, dock inte lika mycket som inom navigationssystem eftersom grundteorier kan ha uppkommit för många år sedan. Grundteorierna ska dock utökas med nyare forskning för att få en klar bild över området som det ser ut idag. En annan faktor som kommer att beaktas inom samtliga områden är hur väl den aktuella artikeln stämmer överens med den information som önskas. Eftersom avgränsningen består av att jämföra den subjektiva mätningen NASA TLX med sekundära uppgifter kommer sökandet grunda sig på det. Något som inte kommer att påverka sökningen är dock det förväntade resultatet att sekundära uppgifter används oftare inom bilkörning än inom navigationssystem. Om det förväntade resultatet skulle påverka litteratursökningen skulle det innebära att resultatet blir en felaktig bild av verkligheten. Med anledning av detta är det viktigt att eftersträva objektivitet i litteratursökningen och inte låta förväntningar påverka urvalet. Litteraturen kommer att fokusera på vetenskapliga artiklar, dock kan olika teorier komma från böcker som anses vara trovärdiga. Böckerna som används ska då granskas och ska helst vara skrivna av accepterade forskare inom det aktuella området. Det är enligt Dawson (1999) viktigt att tänka på att litteratursökningen inte är klar när viss information finns, utan sökningen pågår under hela arbetet.

1.2 Översikt

Arbetet börjar med att förklara de olika mätningarna, som nämndes i avsnitt 1.1, och vilka för- och nackdelar det finns med dem. Denna information möjliggör en diskussion i ett senare tillfälle och flera experiment som använt dessa metoder kommer att presenteras i kommande kapitel. Uppmärksamheten spelar stor roll både inom bilkörning och när navigationssystem används och i kapitel tre presenteras olika teorier inom

1 Inledning

uppmärksamhet. Här fokuseras det på den visuella uppmärksamheten då den används mest inom bilkörning, men även auditiv samt delad uppmärksamhet presenteras. Även förarens kognitiva processer belastas och kapitel fyra handlar om människans kognitiva belastning. I kapitel fem beskrivs hur bilkörning fungerar och vilka kognitiva processer som ingår, det kommer även att beskrivas vad navigering innebär då det är en stor del av bilkörningen. Navigationssystemet ska, som nämnt tidigare, hjälpa föraren vid navigering och i kapitel sex kommer en genomgång av hur navigationssystem fungerar samt viss forskning som har gjorts inom kognitiva faktorer och navigationssystem. I kapitel sju dras slutsatser genom att analysera materialet från litteraturgenomgången. Slutligen, i kapitel åtta, diskuteras slutsatserna och framtida studier presenteras.

2 Mätning av belastning på människans kognition

Att mäta hur människans kognition påverkas av olika fenomen och uppgifter är inte lätt då det sker inuti huvudet och blir därför svårt att mäta direkt. Uppmärksamhet och kognitiv belastning kommer att förklaras i kapitel 3 respektive 4.

Det finns enligt Connelly (1995) tre kategorier inom mätning av uppmärksamhet och kognitiv belastning och det är subjektiva mätningar, fysiologiska mätningar och mätningar av prestationsbaserade uppgifter.

2.1 Subjektiva mätningar

Subjektiva mätningstekniker kräver att försökspersonen rapporterar hur mycket belastning vederbörande känner att en aktivitet eller speciell uppgift kräver. Subjektiva tekniker inkluderar ofta att försökspersonen får svara på några frågor och dessa svar mappas sedan till en skala där det värderas hur hög belastningen är (Connelly, 1995). Två tekniker som används ofta är NASA Task Load Index (TLX) och Subjective Workload Assessment (SWAT) (Connelly, 1995; Wickens, 1992). NASA TLX utförs enligt Hart och Staveland (1988) direkt efter en uppgift är slutförd. Försökspersonerna ombeds att rangordna uppgiften som utförts genom sex dimensioner: mental belastning, fysisk belastning, tidspress, prestation, ansträngning samt frustration (se figur 1). Varje dimension har en tjugopunktsskala med slutpunkterna hög respektive låg. Prestationsskalan har naturligtvis de omvända slutpunkterna bra och dåligt. SWAT tekniken har enligt Hart och Staveland (1988) endast tre värden att rangordna faktorerna med; låg, medium eller hög. Det är förståeligt att använda endast tre värden ur en praktisk synvinkel, dock försämras känsligheten i jämförelse med NASA TLX som har tjugo värden. Frågan är hur de olika kategorierna inom NASA TLX korrelerar med varandra, om försökspersonen känner en mental belastning, betyder det då att vederbörande även känner en fysisk belastning? En diskussion om detta förs i kapitel 7.

Fördelarna med subjektiva mätningar är uppenbara. De stör inte prestationen av den primära uppgiften och de är relativt enkla att använda. Nackdelen handlar om huruvida utövarens verbala uttalande verkligen reflekterar deras faktiska belastning (Wickens, 1992). Det är svårt att veta om försökspersonen själv kan avgöra hur mycket den utförda uppgiften har krävt. Det är tänkbart att personen hellre skriver en siffra som tyder på mindre belastning då det kan medföra att vederbörande verkar ha klarat uppgiften utan problem. Detta skulle i så fall medföra att hela den belastning som försökspersonen egentligen känner inte kommer fram.

2 Mätning av belastning på människans kognition

Titel	Slutpunkter	Förklaring
Mental belastning	Låg/Hög	Hur mycket mental och perceptuell aktivitet krävdes (exempelvis tänka, ta beslut, räkna, komma ihåg, titta, söka etc.)? Var uppgiften lätt eller svår, enkel eller komplex?
Fysisk belastning	Låg/Hög	Hur mycket fysisk aktivitet krävdes (exempelvis dra, trycka, svänga etc.)? Var uppgiften lätt eller svår, långsam eller snabb?
Tidspress	Låg/Hög	Hur mycket tidspress kände du i förhållande till takten som uppgifterna eller deluppgifterna uppkom? Var takten långsam eller snabb?
Prestation	Bra/Dåligt	Hur tyckte du att du uppfyllde målen till uppgifterna? Hur nöjd är du med din prestation?
Ansträngning	Låg/Hög	Hur mycket var du tvungen att arbeta (mentalt och fysiskt) för att uppnå din nivå av prestation?
Frustration	Låg/Hög	Hur osäker, irriterad, stressad och besvärad gentemot säker, tillfredsställd, belåten och avslappnad kände du dig när du utförde uppgiften?

Figur 1. NASA TLX: definition av rangordningsskala (efter Hart & Staveland, 1988, s. 169).

2.2 Fysiologiska mätningar

En annan metod är fysiologiska mätningar som kan användas för att bedöma hur mycket av en kognitiv process som belastas. Detta görs genom att mäta förändringar i exempelvis hjärtslag och ögonblinkning som har visat sig återspegla hur mycket uppgiften belastar personens kognitiva processer (Connelly, 1995).

Det finns enligt Wickens (1992) två stora fördelar med fysiologiska mätningar. Den första är att tekniken ger en relativt kontinuerlig förteckning av data över tid. Den andra handlar om, i likhet med subjektiva mätningar, att de inte inkräktar på prestationen av den primära uppgiften. Dock inkräktar de på ett fysiskt sätt då exempelvis elektroder kan behöva fästas på försökspersonen. Detta kan påverka användarens vilja att utföra uppgiften. Tekniken har dessutom en potentiell kostnad då de är, generellt sett, ett steg längre från den slutsats som designern önskar göra om systemet. Alltså, mätningar av skillnaderna i belastning genom fysisk teknik måste användas för att antyda att misslyckande i prestationen skulle innebära ökad belastning alternativt för att antyda hur utövaren känner inför uppgiften. Mätningar av prestationsbaserade uppgifter analyserar den tidigare antydning medan subjektiva mätningar analyserar den senaste antydning (Wickens, 1992).

2.3 Prestationsbaserade uppgifter

Prestationsbaserade uppgifter analyserar enligt Connelly (1995) belastning genom att mäta utövarens förmåga att utföra uppgifter. Tekniken räknar helt enkelt uppgifter som har avklarats och jämför det med de fel som utförts. Det finns två typer av prestationsbaserade uppgifter, primär och sekundär uppgiftsteknik.

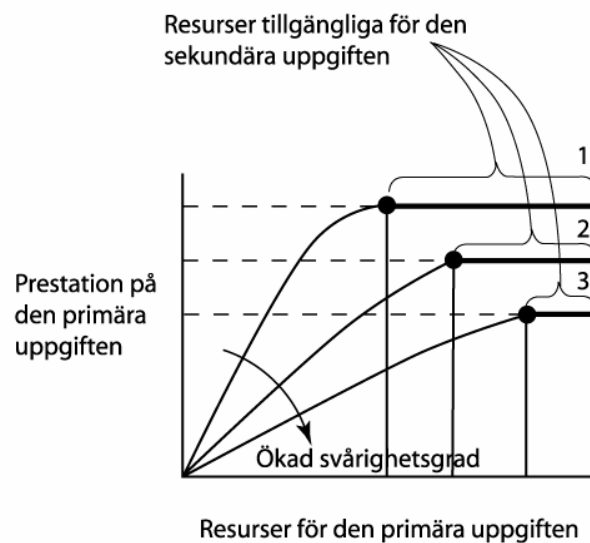
2.3.1 Primära uppgifter

Primäruppgiftstekniken går ut på att mäta olika parametrar av vad uppgiften kräver, såsom kommunikation per timme eller kontrollförändringar per timme, och jämför dem med prestationen, oftast antal fel. I takt med att det blir fler deluppgifter ökar även belastningen och därmed ökar även antal utförda fel tills det inte längre är acceptabelt (Connelly, 1995). Denna teknik passar enligt Wickens (1992) när det är ett system som ska studeras. Det finns dock fyra anledningar till varför prestationen av en primär uppgift inte är lämplig för att avslöja processerna som finns i den primära uppgiften. För det första kan två primära uppgifter ha tillräckligt med resurser för att utföra båda utan problem vilket medför att det inte är möjligt att se hur de påverkar varandra. Den andra anledningen handlar om att det kan vara svårt att jämföra två primära uppgifter då de kan skilja i hur mätningar gjorts eller vad dessa mätningar betyder. Den tredje anledningen är att ibland är det omöjligt att få bra mätningar av faktorerna som styr prestationen av den primära uppgiften. Slutligen kan två primära uppgifter skilja i prestationen, inte i de resurser som krävs av uppgiften för att nå den prestationen utan genom skillnader i begränsning av data. Inom beslutsfattande, exempelvis, om en heuristik visar på lägre prestation än en beräknande algoritm kan det vara värdefull information för designern, dock betyder inte skillnaden att belastningen för heuristiken är högre. Sammanfattningsvis kan det sägas att prestationen av primära uppgifter kan skilja på grund av många faktorer, som nämnt ovan, som inte är relaterade till belastning och är därmed ingen bra metod för att mäta kognitiv belastning.

2.3.2 Sekundära uppgifter

Det har enligt Sauer (2000) varit många forskare som studerar mänskliga faktorer som har använt sekundära uppgifter för att mäta kognitiv belastning och uppmärksamhet. Anledningen till att de har använts är att de enligt Wickens (1992) har visats vara mer känsliga än tekniker som baseras på den primära uppgiften. Prestationen av sekundära uppgifter förmodas stå i relation till vad den primära uppgiften kräver. På det här sättet kan den sekundära uppgiften återspegla skillnader vad uppgiften kräver, grad av automatisering och övning som inte påvisas genom att studera prestationen av den primära uppgiften. Logiken bakom sekundära uppgifter visas i figur 2. Utövaren blir ombedd att utföra den primära uppgiften så bra som möjligt och sedan fördela resterande resurser till den sekundära uppgiften. Om svårigheten av den primära uppgiften ökar med tre nivåer kommer alltså tillgängliga resurser och därmed även prestationen av den sekundära uppgiften att minska i förhållande till hur mycket svårigheten på den primära uppgiften ökar, som visas i figur 2.

2 Mätning av belastning på människans kognition



Figur 2. Resurser som används vid sekundära uppgifter (efter Wickens, 1992, s. 394).

Det finns enligt Wickens (1992) många olika sekundära uppgifter som har använts för att analysera den resterande kapaciteten som återstår från den primära uppgiften. I "the rhythmic tap task" ska utövaren knacka med antingen fötterna eller händerna kontinuerligt (Michon, 1966 i Wickens, 1992). En annan sekundär uppgift är att utövaren ska generera slumpmässiga nummer och ju mer lika siffrorna blir desto högre är belastningen (Baddeley, 1966 i Wickens, 1992). Ett sätt att mäta prestationen av de sekundära uppgifterna är genom reaktionstid vilket innebär att utövarens reaktionstid ökar ju högre belastningen är (Wetherell, 1981 i Wickens, 1992).

Det finns två väldigt distinkta fördelar med att använda sekundära uppgifter. Den första fördelen är att tekniken har en hög grad av "face validity", vilket innebär att tekniken är utformad för att förutse hur mycket resterande uppmärksamhet utövaren har tillgänglig om något oväntat inträffar. Denna validitet finns inte i de fysiologiska och subjektiva mätningarna. Den andra fördelen är att samma sekundära uppgift kan användas till två väldigt olika primära uppgifter och ändå mäta belastning i samma enhet vilket medför att resultaten kan jämföras med varandra (Wickens, 1992). Denna fördel är dock anmärkningsvärd då det är en stor fördel om den sekundära uppgiften har betydelse för den primära uppgiften. Detta kan då medföra att försökspersonen blir mer motiverad att utföra den sekundära uppgiften.

Det finns dock en del problem med att använda sekundära uppgifter för att mäta kognitiv belastning och uppmärksamhet. Sekundära uppgifter måste tävla om samma resurser som den primära uppgiften. Det är därför viktigt att välja en sekundär uppgift väldigt noggrant. En bra sekundäruppgiftsteknik ska omfatta flera olika mätningar av sekundära uppgifter för att säkerställa förändringar i den primära uppgiften. En förutsättning för metodologin som handlar om sekundära uppgifter är att den primära uppgiften inte

2 Mätning av belastning på människans kognition

påverkas. Det finns ingen garanti för att den primära uppgiften inte påverkades på något annat sätt än vad som mäts genom att utföra sekundära uppgifter. Ett annat problem är att olika grupper av försökspersoner kan prioritera de sekundära uppgifterna olika, till exempel kan äldre förare prestera sämre på de auditiva uppgifterna då de kör mer försiktigt och inte för att deras kognitiva belastning är högre (Verwey, 2000).

Det finns alltså tre olika kategorier inom mätning av belastningen på en persons kognitiva processer; subjektiva, fysiologiska och prestationsbaserade mätningar. Arbetet syftar till att undersöka användandet av metoderna sekundära uppgifter och NASA TLX, eftersom de används mest inom bilkörning och navigationssystem. Det är därför av relevans att presentera vilka metoder som finns inom området för att kunna föra en diskussion om vilken metod som är mest lämplig att använda. Det blir även möjligt att diskutera varför vissa metoder inte används och varför andra används oftare samt om det är någon skillnad inom olika forskningsområden. Här har olika för- och nackdelar med samtliga metoder presenterats, en djupare jämförelse mellan sekundära uppgifter och NASA TLX kommer i kapitel 7. Det är dock viktigt att det finns en förståelse redan i detta skede om vad metoderna innebär eftersom flera experiment som använt dessa metoder kommer att presenteras i kommande kapitel. Eftersom metoderna mäter belastningen på en persons uppmärksamhet och andra kognitiva processer kommer de att presenteras och förklaras i nästa kapitel.

3 Uppmärksamhet

Uppmärksamheten spelar stor roll i våra liv, bland annat inom bilkörning som beskrevs tidigare. Människan tar in information hela tiden genom sina sinnen, det är dock bara en liten del av allt som uppmärksammas och därmed bearbetas vidare. Att köra ett fordon kräver mycket av en förarens uppmärksamhet. Att interagera med ett informationssystem belastar uppmärksamheten ännu mer och det hindrar förarens förmåga att utföra den primära uppgiften som är att köra (Monk m.fl., 2000). Det är därför av vikt att ta upp hur människan egentligen uppmärksammar sin omgivning för att söka information. Då bilföraren använder sitt visuella system mest kommer rapporten att fokusera på det. Det auditiva systemet kommer också att presenteras då det har betydelse eftersom ett navigationssystem oftast har en röst som säger när det är dags att svänga.

3.1 Visuell sökning

Enligt Wickens (1992) finns det mycket att lära från visuell sökning där personen söker igenom information och letar efter en viss punkt. Visuell sökning är enligt Pashler (1998) ett betydelsefullt ämne inom visuell uppmärksamhet då människor söker igenom sin värld kontinuerligt samt att personer söker igenom information utan att behöva komma ihåg något. Denna sökning skulle kunna kopplas till användandet av navigationssystem då föraren både söker igenom en display samtidigt som trafiken och omgivningen söks igenom. Kimura m.fl. (1997) menar att tillhandahålla information om vägen och ge vägledning om färdvägen är komplicerat då förarens uppmärksamhet är delad mellan många olika uppgifter: visuell sökning av navigationssystemets display, uppgifter som är involverade i själva körningen samt visuell väg och trafikinformation. Inom visuell sökning har det framkommit hur människan söker igenom det visuella fältet för att finna önskad information.

Visuell sökning är något som människor gör hela tiden, i synnerhet i uppgifter där någon letar efter något. I detta kapitel kommer sökningar där objektet finns i det visuella fältet att tas upp, exempelvis att hitta tumören på röntgenbilden eller söka efter rätt bit i pusslet. I en uppgift inom visuell sökning söker iakttagaren efter en önskad punkt bland olika avledande punkter. Det är en klar skillnad mellan när den önskade punkten "hoppas ut" från det visuella fältet, som kallas effektiv sökning, och när det är svårare att hitta den önskade punkten på grund av de avledande punkterna, som kallas ineffektiv sökning (Wolfe, 1998). Det finns enligt Deco, Pollatos och Zihl (2002) två typer av sökning och de är egenskaps- och förbindelsesökning. I en egenskapssökning skiljer sig den önskade punkten från de avledande punkterna i samma egenskap, till exempel att söka efter en röd cirkel bland gröna cirklar. I en förbindelsesökning är de avledande punkterna grupperade i olika grupper. Den önskade punkten skiljer sig från alla avledande punkter. Dock skiljer sig inte alla avledande punkter i samma egenskap, exempelvis att leta efter en röd cirkel bland röda rektanglar och gröna cirklar (Deco m.fl., 2002). Egenskapssökningen är effektiv medan förbindelsesökningen är, i olika grad, ineffektiv (Wolfe, 1998). Gale (1993) menar att när en punkt inte "hoppas ut" direkt från det visuella fältet måste iakttagaren söka igenom omgivningen på ett fokuserat sätt. Inom navigationssystem är det speciellt viktigt att utforma displayen så att föraren kan söka efter information som

3 Uppmärksamhet

önskas effektivt. Om föraren tvingas söka igenom displayen på ett fokuserat sätt kan konsekvenserna bli förödande eftersom uppmärksamheten riktas inuti bilen och inte på vägen. Genom att studera ögonrörelser har det framkommit att människor kan titta på en punkt men ändå inte uppfatta informationen och det uppstår då så kallade fel. Felen som uppstår när en iakttagare söker igenom en display kan antingen bero på att den visuella displayen inte är utformad efter iakttagarens behov eller på iakttagarens oförmåga att skilja ut eller tolka relevant information. Ett sökfel innebär att iakttagaren antingen misslyckats med att fixera på målet alternativt i närheten av målet. Om målet däremot är tillräckligt fokuserat för en kort stund men fortfarande inte har redogjorts korrekt handlar det om påvisningsfel. Tolkningsfel innebär att iakttagaren har tittat på målet under en mycket längre tid än vid påvisningsfel men fortfarande misslyckas med att rapportera det (Gale, 1993).

När det finns flera källor av information i miljön som kräver människans visuella uppmärksamhet är det av vikt att människan väljer rätt källa att fokusera på i korrekt tid. Tidigare studier har visat att människor först bildar en mental modell över möjliga händelser i miljön som används för att leda den visuella sökningen (Moray, 1981 i Wickens, 1992). Den mentala modellen kan ses som förväntningen för hur ofta och när en händelse kan inträffa. De lär sig även att testa informationskällor som har högre händelsegrad oftare och de som har lägre grad testas färre gånger. Inom bilkörning söker föraren oftare information utanför bilen i riktning rakt fram då det sker mest där. Människans minne är inte perfekt och det reflekteras i den visuella sökningen. Människor tenderar att testa informationskällor oftare än vad som är nödvändigt då minnet inte räcker till (Wickens, 1992). Människor kan uppmärksamma olika områden av det visuella stimulit och denna uppmärksamhetsförmåga kan till och med delas till mer än ett område. När iakttagare undersöker en display söker de inte konstant nya områden utan återkommer till samma platser flera gånger (Gale, 1993). Vid bilkörning är det ofta som föraren tittar på samma plats för att försäkra sig om att det var som de först fick intryck av, exempelvis kan föraren kontrollera flera gånger att det står folk vid övergångsstället. Det här förklarar varför människan tenderar att ofta testa informationskällor som inte har stor vikt och även varför vissa displayer glöms bort. Dessa begränsningar hos människans minne visar att det är nödvändigt att displayen är utformad för att stödja människans minne genom att ha lämpliga påminnelser under arbetets gång. När människan får en plan för när kommande händelser förväntas inträffa i framtiden tenderar testningen att bli mer optimal. Detta beror på att personen får ledning genom en extern modell, exempelvis ett papper med information, istället för mental (Wickens, 1992).

Den visuella uppmärksamheten dras till punkter i en display som är stora, skinande, färgfulla och förändrande. Det finns enligt Wickens (1992) bevis för att sökbeteende leds av andra mer subtila faktorer som är relaterade till den fysiska lokaliseringen av displayen. Till exempel är det vanligt att börja söka i det övre vänstra hörnet vilket kan reflektera läsordningen samt att en sökning koncentreras i mitten av displayen och undviker hörnen. Var den visuella sökningen startar beror dock oftast på interna scanstrategier om vad det är som ska hittas.

3.3 Auditiv uppmärksamhet

Det finns enligt Wickens (1992) en modell av auditiv uppmärksamhet som innebär att ljudvågor som inte blir fokuserade kan förbli lagrade i ett "pre-attentive-steg" under tre till sex sekunder. Innebörden av detta kan undersökas om en medveten skiftning av uppmärksamhet utförs. Om uppmärksamheten vandrar omkring när någon talar är det möjligt att skifta tillbaka uppmärksamheten och "höra" de sistnämnda orden även om de inte uppmärksammades då de uttalades.

Inom den visuella uppmärksamheten visade det sig att det var svårare att fokusera uppmärksamheten ju mer de olika informationskällorna liknade varandra, exempelvis när det blir svårare att urskilja en punkt från övriga om de har liknande egenskaper (se avsnitt 3.1). Även inom den auditiva uppmärksamheten finns detta, det vill säga, det är svårare att fokusera uppmärksamheten när det finns mycket likheter med meddelandet som ska ignoreras. Hur stor störningen blir beror troligen på de olika dimensionerna av likhet.

Spatial placering är enligt Wickens (1992) förmodligen den mest fysiska dimensionen av likhet. När människan försöker uppmärksamma ett auditivt meddelande och ignorera innebörden av en annan försämras förmågan när de båda meddelanden är närmre varandra spatialt. Ett exempel på detta är att människor hade lättare att bortse från irrelevant information när två meddelanden spelades upp i hörlurar så att överlappning inte är möjlig i jämförelse när de båda meddelandena spelades upp i samma intensitet i de båda öronen (Egan, Carterette & Thwing, 1954 i Wickens, 1992). Människan kan dock selektivt uppmärksamma auditiva meddelanden även när de är spatialt nära varandra. Ett exempel på det är "cocktaileffekten" som innebär förmågan att uppmärksamma en talare på ett party med hög ljudvolym och selektivt filtrerar bort andra konversationer som kommer från samma spatiala plats. Intensitet är en annan dimension av selektion. Det är lättare att uppmärksamma ett högt meddelande och filtrera bort ett lågt. Det har dock även visat sig att det är lättare att uppmärksamma ett lågt meddelande och filtrera det höga så länge det inte är för högt. Det finns även en semantisk dimension av likhet och detta påvisades när försökspersoner fick lyssna på två olika meddelanden i båda öronen i ett par hörlurar. Det visade sig att de hade problem med att filtrera bort det ena meddelandet om de handlade om liknande ämnen, även om de sades på olika språk (Treisman, 1964b i Wickens, 1992). Sammanfattningsvis kan det sägas att ju större skillnad mellan två meddelanden på en dimension och ju fler dimensioner som skiljer desto lättare är det att fokusera på ett meddelande och ignorera det andra.

3.4 Delad uppmärksamhet

En förutsättning för metoden sekundära uppgifter är att människan kan dela sin uppmärksamhet mellan två olika uppgifter. När den sekundära uppgiften ska väljas kan det vara av relevans att ha kunskap om hur människan kan dela sin uppmärksamhet. Ett exempel på detta är när modaliteten på ett navigationssystem ska undersökas och en sekundär uppgift ska användas. Det kan då vara av vikt att ha kunskap om människans delade uppmärksamhet mellan olika modaliteter fungerar för att kunna välja en så lämplig sekundär uppgift som möjligt.

3 Uppmärksamhet

Pashler och Johnston (1998) menar att för att kunna bestämma om människan kan hantera olika mentala processer samtidigt måste det först beaktas hur snabbt det är möjligt att svara på stimuli som presenteras vid ungefär samma tid. En typ av experiment som undersöker detta är när försökspersoner måste utföra två uppgifter och svara på två olika stimuli som presenteras i snabb följd. Intervallet mellan de två stimuli, som kallas "Stimulus onset asynchrony" eller SOA-intervall, varierar, från korta intervall på 50 ms eller upp till en halv sekund. Utförandet av sådana experiment har gett resultatet att när SOA-intervallet minskar försenas responsen på den andra uppgiften. En trolig förklaring till förseningen är att försökspersonerna inte kan påbörja den andra uppgiften förrän den första är utförd.

Det finns många olika teorier om huruvida det är möjligt att dela uppmärksamhet mellan flera uppgifter och i så fall på vilket sätt. En modell över den delade uppmärksamheten mellan olika uppgifter är enligt Wickens (1992) "Performance-Resource Function" (PRF). Modellen innebär att när endast en uppgift utförs kan resurser utnyttjas, oavsett hur mycket som utnyttjas, utan att det påverkar prestationen. När två uppgifter kombineras måste först resurserna fördelas mellan de båda uppgifterna vilket görs beroende på personens prioritet. Om prestationen på en uppgift kolliderar med prestationen på en annan uppgift används "Performance Operating Characteristic" (POC) som är en kurva som visar hur prestationen på en uppgift påverkas om den andra uppgiften förändras. Om prestationen på en uppgift förbättras kommer det visas en liknande nedgång i prestationen på den andra uppgiften (Wickens, 1992).

Det är även möjligt att dela uppmärksamheten utan att ögonen är fokuserade på den aktuella punkten. Människor kan enligt Pashler (1998) uppmärksamma någonting utan att fixera med ögonen på det vilket visar på att det är möjligt att skifta uppmärksamheten utan att röra på ögonen. Ögonrörelser som är riktade till en position inleds enligt Hoffman (1998) genom en skiftning av den visuella uppmärksamheten till samma position. Denna koppling finns oavsett om ögonrörelsen utlöses av en extern händelse såsom en plötslig rörelse eller om det är internt av iakttagaren exempelvis genom instruktioner eller förklaringar. Att uppmärksamhet styr ögonrörelser medför dock inte att de systemen är helt beroende av varandra. Det har visat sig att det är möjligt att uppmärksamma objekt utan att röra ögonen. Alltså kan uppmärksamhet skifta oberoende av ögonen medan ögonrörelser kräver visuell uppmärksamhet för att ledas till målet. Det finns alltså fortfarande en möjlighet att iakttagaren under lämpliga förhållanden kan fokusera ögonen på en position och den spatiala uppmärksamheten på en annan.

Hittills har det fokuserats på uppmärksamhet inom en modalitet. Människor konfronteras dock ofta med parallella input av olika modaliteter, exempelvis när människor tittar och lyssnar på TV samtidigt eller när bilföraren tar in information genom synen och håller en konversation samtidigt (Wickens, 1992).

Det är lättare för människor att dela uppmärksamhet mellan visuellt och auditivt än mellan två auditiva eller två visuella informationskällor. Det är alltså lättare att dela uppmärksamheten när olika modaliteter används. Det har dock tidigare sagts att det är möjligt att dela uppmärksamheten mellan två meddelanden från samma modalitet om de är olika varandra, både fysiskt och semantiskt. Uppgiften blir hursomhelst lättare om

3 Uppmärksamhet

exempelvis vissa visuella meddelanden görs om till auditiv modalitet. Även om flera auditiva meddelanden finns blir det lättare att förstå dem om vissa presenteras visuellt istället. När uppgifter från olika modaliteter utförs har de enligt Wickens (1992) olika förmågor som är relativt oberoende av varandra. Detta medför att om den ena uppgiften görs svårare betyder inte det att prestationen av den andra uppgiften påverkas samt om den ena uppgiften görs lättare kommer det förmodligen inte leda till en förbättring av den andra uppgiften.

När sekundära uppgifter används som en teknik inom forskningen är det en förutsättning att människan kan dela sin uppmärksamhet mellan den primära uppgiften och den sekundära uppgiften. En studie som har använt två olika sekundära uppgifter är ett experiment av Verwey (2000) där en auditiv sekundäruppgift användes för att testa den kognitiva belastningen och en visuell uppgift användes för att undersöka den visuella belastningen. Nedan följer en prestation av hur experimentet utförts.

För att möjliggöra en utveckling av en förardisplay som är anpassad för att minska förarens belastning utfördes två experiment. Experimenten syftade till att undersöka potentiella komponenter som kan påverka förarens visuella och kognitiva belastning som påvisas genom att utföra två sekundära uppgifter (Verwey, 2000).

Det första experimentet analyserade utförandet av två sekundära uppgifter: en auditiv uppgift som antas vara känslig för den kognitiva belastningen av bilkörning och en visuell uppgift som är känslig för den visuella belastningen av bilkörning (Verwey, 2000). Det är dock anmärkningsvärt att det finns en sådan uppdelning mellan visuell och kognitiv belastning när den visuella belastningen också borde vara en kognitiv belastning. En längre diskussion om detta finns i kapitel 7. Varje försöksperson körde en färdväg i en bil samtidigt som de utförde en av de sekundära uppgifterna. Försöksledaren gav färdvägsinstruktioner utefter vägen. Den auditiva uppgiften bestod i att lyssna till ett nummer som presenterades och sedan addera detta tal med tolv. Talen varierade från 20 till 87 och försökspersonerna skulle säga det nya talet högt. Om försökspersonerna inte uppmärksammade siffran direkt skulle det ändå vara möjligt att höra siffran i efterhand enligt Wickens modell om auditiv uppmärksamhet (se avsnitt 3.3). Den visuella uppgiften gick ut på att försökspersonerna skulle upptäcka en siffra som dyker upp på en display som finns på instrumentbrädan, där det hela tiden visas information för att undvika periferisk upptäckt. Försökspersonerna ska även denna gång uttala upptäckten högt genom att säga ja om de upptäckt siffran. Hur väl försökspersonerna presterade utvärderades genom att mäta hastighet och beräkna standardavvikelsen av hastighet. Hypotesen som testades var att förarens belastning blir högre, alltså att sekundära uppgiftens utförande blir sämre, under rusningstrafik, för äldre förare och förare som inte känner till området. Det undersöktes även huruvida prestationen av de sekundära uppgifterna påverkades av olika vägsituationer, exempelvis att köra i en rondell.

Prestationen på den visuella sekundära uppgiften varierade mellan olika delar av färdvägen vilket innebär att vägsituationen har stor betydelse för förarens visuella belastning. Effekten av vägsituation på den auditiva uppgiften var mindre, men föreslår att vägsituationen även påverkar den kognitiva belastningen. Experimentet visade även att för att på ett optimalt sätt anpassa meddelanden ska en distinktion göras mellan

3 Uppmärksamhet

meddelanden som är visuellt belastade och de som är kognitivt belastade. De här resultaten visar att olika exempel av samma vägsituation resulterar i liknande nivå på prestationen av de sekundära uppgifterna. Igenkännandet av vägen hade en liten effekt på prestationen av de sekundära uppgifterna när försökspersonerna guidades av färdvägsinstruktioner. Det här visar att när förare stöds av färdvägsinstruktioner behöver inte deras kännedom om området tas i beaktning för att beräkna belastning.

Det andra experimentet som Verwey (2000) utförde syftade till att undersöka om effekterna på vägsituation kan elimineras genom att anpassa presentationen om den nuvarande situationen. För att testa detta fick andra försökspersoner köra samma färdväg som i det första experimentet och utföra likadana sekundära uppgifter. Skillnaden nu var att presentationen av stimulit var anpassad till vägsituationen på tre sätt: ingen anpassning till vägsituation, anpassning till vägsituation som baseras på resultat av experiment ett samt överanpassning som också baseras på resultat från experiment ett. Anpassning till vägsituation innebär att presentationen av de sekundära uppgifterna förlängdes så att prestationen ska bli densamma som när bilen står still. Överanpassning innebär att de sekundära uppgifterna presenteras längre än vad som är nödvändigt efter resultatet av experiment ett. En reducering av effekten av vägsituation på prestationen av de sekundära uppgifterna skulle innebära att resultatet från experiment ett stöds.

Resultaten visar tydligt att genom att anpassa varaktigheten och takten av den visuella uppgiften kan effekten av vägsituation reduceras. När föraren ska svänga vänster eller befinner sig i en rondell visade det sig att den visuella belastningen var så hög att varken anpassning eller överanpassning kunde eliminera skillnaderna i prestationen av sekundära uppgifter. Med anledning av den här upptäckten borde inte informationssystem inuti bilen visa någon information under dessa två situationer.

Uppmärksamhet spelar en stor roll inom bilkörning och även när ett navigationssystem ska avläsas. Genom att ha kunskap om hur människan söker efter information är det möjligt att förstå hur föraren söker efter information på navigationssystemet och hur det skulle kunna vara möjligt att utforma systemen för att underlätta för föraren. Ett exempel på detta är genom att göra informationen som föraren ska uppfatta snabbast till en egenskapssökning. Den delade uppmärksamheten spelar stor roll när sekundära uppgifter ska användas eftersom personen då tvingas dela sin uppmärksamhet mellan de båda uppgifterna och det är av vikt att det finns en förståelse för hur den delade uppmärksamheten fungerar. Det är exempelvis viktigt att ha kunskap om att människan har svårare att dela uppmärksamheten om uppgifterna tävlar om samma resurser när en sekundär uppgift ska väljas. Metoderna som har presenterats i arbetet är till för att mäta belastningen på en persons kognitiva processer och nästa kapitel förklarar vad kognitiv belastning innebär.

4 Kognitiv belastning

Inom bilkörning belastas människans kognitiva förmåga i olika grad beroende på exempelvis trafiken och det har forskats en hel del kring människans kognitiva belastning inom bilkörning. Även när ett navigationssystem ska utformas är det viktigt att ta hänsyn till hur mycket människans kognitiva processer belastas ytterligare genom att införa systemet. Wickens (1992) menar att det inte bara är prestationen som har betydelse vid utformningen av ett bra system. Det är lika viktigt att beakta hur en uppgift belastar utövarens begränsade resurser. Inom litteraturen används både mental och kognitiv belastning, här kommer dessa begrepp att vara jämlika och begreppet kognitiv belastning kommer att användas.

Belastning sträcker sig enligt Jex (1988) över ett brett spektrum av mänsklig aktivitet men kognitiv belastning begränsar dessa aktiviteter till de aktiviteter som sker mentalt. De flesta vet ungefär vad kognitiv belastning innebär men det är svårt att få en exakt definition. Därför kommer det här att tas upp några olika definitioner för att få en förståelse för vad det innebär.

Kognitiv belastning handlar enligt Verwey (2000) om hur mycket uppmärksamhet som krävs för att ta ett beslut. Connelly (1995) menar att kognitiv belastning innebär hur mycket kapacitet en person har kvar när en uppgift utförs. En central fråga inom kognitiv belastning är om informationsbearbetningen sker seriellt eller parallellt. En persons informationsbearbetning är troligtvis parallell då det finns flera sätt för en person att ta in och bearbeta information på, exempelvis visuellt, auditivt, taktilt, m.m. För att förstå kognitiv belastning är det viktigt att först inse att människans kapacitet är begränsad, att endast en liten del av all information bearbetas vidare. Vad som bearbetas vidare bestäms av personens uppmärksamhet (se kapitel 3). Enligt Connelly (1995) accepterad modell av informationsbearbetning är Wickens "multiple resource model". Denna modell går ut på att det mänskliga systemet för informationsbearbetning består av flera olika typer av kanaler som är tillägnade en speciell bearbetningsfunktion, exempelvis visuell inmatning, motorisk utmatning. Hur mycket resurser som finns kvar för varje uppgift beror på den specifika funktionen. Det är alltså möjligt att överbelasta kapaciteten av en funktion utan att överbelasta kapaciteten av en annan (Wickens, 1992). Samma fenomen har även visat sig inom delad uppmärksamhet där prestationen på en uppgift inte påverkas av att en annan uppgift görs svårare om uppgifterna inte delar samma resurser och modalitet (se avsnitt 3.4).

Bristen på resurser, och därmed ökad kognitiv belastning, blir mer uppenbar mellan två uppgifter som delar samma resurs, exempelvis att köra bil och samtidigt rotera en karta (båda spatiala) eller manövrera och samtidigt ställa in radion (båda respons) i jämförelse med uppgifter som använder olika resurser, exempelvis manövrera och samtidigt lyssna på en konversation på radion (Wickens, 1992).

Det finns flera studier som har undersökt hur människans belastning påverkas inom bilkörning, ett exempel är när Stanton, Young och McCaulder (1997) undersökte hur människans belastning påverkas av att använda "Adaptive Cruise Control" (ACC). ACC

4 Kognitiv belastning

kontrollerar både fordonets hastighet och höjd genom att sakta ner fordonet när ett hinder kommer i vägen och återställer hastigheten igen när hindret är borta.

Undersökningen utfördes i en simulator och för att mäta människans belastning användes en sekundär uppgift. Den sekundära uppgiften bestod av roterade figurer och försökspersonen skulle avgöra om det var samma figur eller om det var en annan. Försökspersonerna svarade genom att trycka på en knapp. När figuren ansågs vara samma trycktes den vänstra knappen ned och om den ansågs vara en annan trycktes den högra knappen ned. Figurerna presenterades på nedre vänstra hörnet av en display. Displayen var placerad på samma visuella fält som vyn över vägen. Syftet med den sekundära uppgiften var att analysera uppmärksamhetens kapacitet och därför instruerades försökspersonerna att endast svara på den sekundära uppgiften när kraven från den primära uppgiften tillät det. Experimentet var uppdelat i tre delar. I den första delen fick försökspersonerna följa en bil. Den andra delen skilde sig från den första i att nu var ACC implementerad och i den tredje accelererade ACC systemet när det inte skulle det. I samtliga situationer skulle försökspersonen uppmärksamma den sekundära uppgiften när de kunde.

Automatisering kan reducera vissa uppgifter, exempelvis att bromsa och accelerera, men det ger även nya uppgifter för föraren. Med ACC måste föraren kontrollera att systemet fungerar eller inte. Tidigare studier har inte visat på någon förbättring av kognitiv belastning när ACC användes (Nilsson, 1995 i Stanton m.fl., 1997). Den här studien visade dock att ACC reducerar förarens kognitiva belastning genom att jämföra prestationen på den sekundära uppgiften när ACC användes och när systemet inte var implementerat.

Uppmärksamhet och kognitiv belastning är nära sammankopplade. Denna sammankoppling visas i Verweys (2000) definition av kognitiv belastning som innebär att det handlar om hur mycket uppmärksamhet som krävs för att ta ett beslut. Metoderna sekundära uppgifter och NASA TLX är till för att mäta belastningen på människans uppmärksamhet och andra kognitiva processer. Nästa steg är att sätta metoderna i kontexten bilkörning och användning av navigationssystem. För att få en klarare bild av vad dessa uppgifter innebär följer här en genomgång av vad det innebär att köra bil, navigera och att använda navigationssystem.

5 Bilkörning

När människor lär sig en komplex uppgift som att köra bil verkar det från början vara för många deluppgifter involverade och de har problem med att styra, koppla, följa vägen och växla samtidigt. Med övning kräver dock uppgiften mindre medveten ansträngning, exempelvis att styra runt ett hörn, koppla och växla utförs i en enda operation utan problem och föraren kan ofta samtidigt konversera med en passagerare. Att köra bil fungerar uppenbarligen olika för den erfarna föraren och nybörjaren. Den erfarna föraren kan köra och samtidigt föra en konversation medan nybörjaren inte kan det, den erfarna föraren kan kontrollera två uppgifter medan nybörjaren har problem med en (Styles, 1993). Groeger (2000) menar att bilkörning är en komplex uppgift som kräver full koncentration och uppmärksamhet eftersom varje del som är involverad i bilkörandet kräver mycket av förarens mentala aktivitet. Det finns olika sätt att förklara bilkörning på och nedan följer olika förklaringar. Genom att förklara bilkörning på olika sätt är det möjligt att även se olika på användandet av navigationssystem. Genom att förklara bilkörning som en komplex uppgift kan navigationssystemet ses som en sekundär uppgift. Det kan då bli problem att använda sekundära uppgifter som en metod för att mäta kognitiv belastning. Om bilkörning istället förklaras som olika deluppgifter som en del i uppgiften att köra bil kan även uppgiften att följa ett navigationssystem ses som en deluppgift inom bilkörningen.

Uppgiften att köra bil består enligt Labiale (1998) av ett antal olika komplexa uppgifter och underuppgifter som till exempel att undvika hinder, kontrollera fordonets körlinje, läsa vägskyltar och signaler, följa färdvägen och så vidare. Att utföra dessa uppgifter kräver kontinuerligt mycket av förarens perception, uppmärksamhet och andra kognitiva processer (Labiale, 1998). Mestadels vid bilkörning tittar inte föraren endast framåt eller åt sidorna, accelererar eller bromsar samt styr höger eller vänster utan varje handling utförs samtidigt som en del av en större uppgift såsom att följa ett annat fordon eller svänga vid en korsning. För att kunna utföra dessa uppgifter tillsammans används så kallad chunking. Chunking innebär enligt Baddeley (1999) att lägga samman mindre enheter och bilda en större som i detta fall där små deluppgifter sätts samman till en stor. Det svåraste med att förstå bilkörning är att många relativt komplexa kognitiva aktiviteter måste fungera tillsammans för att kunna utföra uppgifter som verkar vara triviala inom bilkörningen (Groeger, 2000).

Ett annat sätt att beskriva bilkörning är genom Michons hierarkiska modell (Brouwer, Withaar, Tant & van Zomeren, 2002). Modellen beskriver trafikbeteende som en hierarki av deluppgifter på strategisk, taktisk och operationell nivå. På den strategiska nivån görs val och beslut angående förflyttning, färdväg, tid på dagen och så vidare. Besluten görs oftast utan tidspress och oftast innan den faktiska körningen. På den taktiska nivån utförs förberedande uppgifter under körningen, till exempel att öka avståndet till bilen framför. På den här nivån finns det oftast en liten tidspress för att ta beslutet. Den operationella nivån omfattar de många insikter och handlingar som utförs varje sekund för att hålla bilen i kurs, till exempel att undvika parkerade fordon. Den här nivån krävs konstant tidspress eftersom föraren har begränsad tid att undvika eller tackla farliga situationer (Brouwer m.fl., 2002). Under körningen utförs alltså deluppgifter från den taktiska och operationella nivån samtidigt och föraren måste välja vilken av deluppgifterna som är den

5 Bilkörning

primära. Föraren borde prioritera uppgifterna från den operationella nivån i första hand eftersom de är mest kritiska och måste ske snabbt. Det är ju dock möjligt att utföra båda deluppgifterna på samma gång och använda chunking som nämndes ovan.

Även om den vana föraren har lätt för att föra en konversation med en medpassagerare har det dock visat sig att föraren kan få problem med att prata i mobiltelefon. Alm och Nilsson (1998) utförde ett experiment för att testa effekten på bilkörandet av att prata i mobiltelefon när föraren ska följa ett fordon. Försökspersonerna fick köra i en simulator och en grupp fick utföra en mobiltelefonuppgift medan de skulle följa en annan bil. En annan grupp fick utföra mobiltelefonuppgiften under andra delar av färdvägen, men dock inte när en bil skulle följas och en tredje grupp utförde ingen uppgift, en så kallad kontrollgrupp. Det visade sig att mobiltelefonuppgiften hade en negativ effekt på förarens reaktionstid och den effekten ökade för äldre förare. Försökspersonernas kognitiva belastning, som mättes med NASA TLX, ökade som ett resultat av mobiltelefonuppgiften. Dessa resultat visar att olycksrisken kan öka när bilförare använder en mobiltelefon under körningen.

Bilkörandet kan dock variera beroende på olika faktorer, exempelvis erfarenhet eller tid på dagen. Lenné, Triggs och Redman (1997) undersökte om bilkörandet förändrades beroende på vilken tid på dygnet föraren kör. Det är möjligt att bilkörning kan vara mer krävande beroende på vilken tid det är på dagen och därmed kräver mer av förarens uppmärksamhet. En sekundär uppgift kan användas som en hjälp till att undersöka detta eftersom prestationen av den sekundära uppgiften är beroende av de resurser som finns kvar efter den primära uppgiften och prestationen bör därför reflektera hur mycket som krävs av den primära uppgiften. Studien utfördes i en simulator där försökspersonerna fick köra en färdväg samtidigt som en sekundär uppgift skulle utföras. Den sekundära uppgiften bestod av att upptäcka en förändring i utseendet hos en symbol. Symbolen var under större delen av studien en röd tromb, men sex gånger under försöket ändrades formen och liknade då en tratt. Försökspersonerna visade att de hade upptäckt förändringen genom att trycka ned en pedal med vänsterfoten och då hördes en signal. Resultaten visade att förarens förmåga att köra bil påverkas av vilken tid det är på dagen. Försökspersonerna presterade sämst vid klockan sex och två på natten, med en förbättring klockan tio och tjugotvå samt en försämring på eftermiddagen.

Inom bilkörning finns det risk att förarens kognitiva processer belastas och då speciellt inom det visuella systemet. Den kognitiva belastningen varierar dock mycket inom bilkörning. Den kognitiva belastningen kan påverkas av flera faktorer, däribland personliga faktorer, såsom erfarenhet och ålder, samt hur väl föraren känner till området. Informationssystem som ska finnas inuti bilar kan ibland orsaka överbelastning hos förarens visuella resurser och emellanåt även överbelasta förarens kognitiva resurser. Överbelastning av föraren kan ha allvarliga komplikationer för trafiksäkerheten och bör därmed undvikas. Inom bilkörning är belastningen på det visuella systemet relativt högt vilket påvisas genom att det inte är möjligt att titta bort från vägen en längre period (Verwey, 2000). Bilföraren använder alltså sitt visuella system mycket vid bilkörning och det är därför viktigt att få förståelse för hur föraren tar in information från det visuella systemet vid bilkörning.

5.1 Bilförarens visuella informationshantering

Den förmåga som används mest inom bilkörning är synen och en stor del av informationen som föraren tar in kommer från synen. Den kanske mest omedelbara synliga aspekten av uppgiften att köra bil är enligt Groeger (2000) att föraren måste bedöma avståndet mellan sig själv och andra objekt samt kombinera den informationen med hastigheten som båda kör i för att kunna agera korrekt. Olika informationskällor används för att bedöma avstånd, dessa reflekterar egenskaper av objektet och dess omgivning såsom färg, struktur, storlek och höjd i det visuella fältet.

När en förare ska bedöma avståndet till ett objekt som ligger långt framför föraren själv används enligt Groeger (2000) faktorer som linjärt perspektiv, höjd av det visuella fältet och skuggning. Linjärt perspektiv uppkommer när föraren upplever att en lång väg blir smalare ju längre bort föraren fokuserar. Objekt som är längre bort upplevs även som högre i det visuella fältet. Skuggning kan tillhandahålla en känsla av att objektet har djup och ge ledtråd om vilket avstånd objektet har i förhållande till föraren själv. Eftersom de olika djup- och avståndsrelaterade ledtrådarna är relativt oberoende av varandra kan samtliga förse föraren med information om hur långt bort ett objekt är. Det är därmed även möjligt att informationen från de olika ledtrådarna motsäger varandra vilket kan innebära att föraren får problem att bedöma avståndet. Det har visat sig att människan inte bedömer avstånd korrekt utan snarare underskattar avståndet, det vill säga, anser att objekt är närmare än vad det egentligen är. Detta beror på att både perceptuella, kognitiva och omgivningsfaktorer ligger till grund för människans uppfattning om djup, och därmed känslan för avstånd. Eftersom informationen tolkas olika och kommer från olika faktorer kan det innebära att informationen motsäger varandra och kan därmed leda till att föraren missbedömer avståndet till exempelvis en annan bil (Groeger, 2000).

Groeger (2000) menar att perception av rörelse och hastighet möjliggörs genom att använda information från de förändringar som sker på näthinnan då iakttagaren eller objektet som fokus ligger på är i rörelse. Människan vet att något rör på sig genom att påvisa en förändring i någon egenskap såsom spatial frekvens. Sådana förändringar i spatial frekvens ger ett intryck att punkten flimrar. Hur snabbt eller långsamt denna punkt tycks röra sig beror på kontrasten mellan olika informationskällor som är mer eller mindre tillgängliga för föraren. Information om djup och rörelse interagerar med varandra på ett sätt som är viktig för bilkörning, exempelvis när en förare väntar på att korsa en körbana där bilar kör i båda riktningarna på flera körbanor. Objekt som är närmare förefaller att köra fortare än objekt långt bort. Detta kan leda till att föraren tror att det är möjligt att korsa körbanan efter en bil och före en annan när det i själva verket inte är möjligt. Eftersom ledtrådar om djup och rörelse interagerar är det dock möjligt för föraren att inse att det inte finns tid att korsa vägbanan (Groeger, 2000).

Inom bilkörning belastas enligt Groeger (2000) förarens uppmärksamhet i många olika situationer. Föraren måste kunna behålla uppmärksamheten under en lång tid och hela tiden vara beredd att reagera om något oväntat skulle inträffa, exempelvis om ett djur helt plötsligt skulle springa över gatan mitt framför bilen. Det är även möjligt att föraren tvingas dela sin uppmärksamhet mellan exempelvis att köra bilen och hålla en

5 Bilkörning

konversation med en medpassagerare. Uppmärksamheten kan även tvingas skifta mellan vägen och exempelvis navigationssystemet (Groeger, 2000).

En viktig del inom bilkörning handlar om att kunna navigera sig från en startpunkt till en destination. Eftersom navigationssystem är till för att hjälpa föraren att navigera är det av vikt att förstå hur människan egentligen navigerar sig.

5.2 Navigering

Termerna navigation och hitta väg används ofta som synonymer trots att det finns viktiga skillnader. Navigation är en bredare term som både hänvisar till den strategiska nivån av att planera en färdväg av den spatiala problemlösningen samt att hitta en väg medan att hitta väg endast hänvisar till det faktiska utförandet av det (Burns, 1998). Att hitta en väg är en form av dynamiskt beslutsfattande som sker steg-för-steg och som krävs för att kunna ta sig till en destination (Golledge, 1992 i Burns, 1998). Att köra bil är inte en särskilt krävande uppgift i de flesta instanser (Näätänen & Summala, 1976 i Burns, 1998), men att navigera en bil i främmande områden kan däremot vara väldigt krävande för förarens uppmärksamhet (Burns, 1998).

En teori om spatial inlärning innebär att människan först noterar och kommer ihåg riktmärken, och sedan förvärvas färdvägskunskap genom att associera handlingar med riktmärken och slutligen erhålls kunskap om kartläggning då de lär sig fler färdvägar (Siegel & White, 1975 i Aginsky, Harris, Rensink & Beusmans, 1997). Att navigera i främmande områden är en vanlig och krävande kognitiv aktivitet för förare och forskning har visat att det finns problem när förare ska planera och följa vägar till en destination (Burnett, 2000b i Ross & Burnett, 2001). Wickens (1992) ger exempel på olika problem som kan uppkomma vid navigering i ett främmande område; att följa en karta som helst ska följas åt norr medan destinationen ligger åt söder, att följa en lista av instruktioner om var svängen ska komma och sedan missa en sväng eller att inte kunna lokalisera sin position på kartan. När en förare inte kan följa vägar till en destination blir konsekvenserna stress och frustration vilket medför att föraren får potentiellt farligt vägbeteende (Ross & Burnett, 2001).

För att kunna navigera måste föraren enligt Daimon, Kawashima och Akamutsu (1998) kontinuerligt kontrollera placeringen i förhållande till en färdväg och eventuellt ändra färdväg om och när förhållandena ändras. Uppgiften att navigera kan dock enligt Zaidel och Noy (1998) förändras när olika navigationssystem används. Exempelvis kan ett kartbaserat navigationssystem som visar en rekommenderad färdväg kräva att föraren överför och jämför information från kartan med omgivningen och samtidigt leta efter vägskyltar för att få ytterligare information om färdvägen. Displayer som visar enkla instruktioner om hur föraren ska köra stöder inte orientering lika mycket men kan vara lättare att följa.

Att köra bil och att navigera är alltså två komplexa uppgifter som kräver mycket av förarens koncentration, uppmärksamhet och andra kognitiva förmågor. Eftersom frågeställningen till arbetet handlar om belastning på förarens uppmärksamhet och andra kognitiva processer är det av vikt att det finns en förståelse för hur föraren använder sina

5 Bilkörning

kognitiva processer vid bilkörning. Det är då möjligt att se varför det behövs olika metoder för att mäta förarens belastning inom olika situationer inom bilkörningen och varför det är av vikt att använda korrekt metod. Som det visats av kapitlet använder föraren oftast sitt visuella system som därmed belastas mest, vilket är viktigt att veta då det ger en djupare förståelse för hur det är möjligt att hjälpa föraren i olika situationer. Ett exempel på en deluppgift inom bilkörning som det i dagens samhälle finns system för att stödja är navigering. För att förstå hur navigationssystem fungerar och hur det hjälper föraren är det lämpligt att först förstå hur navigering fungerar vilket har presenterats ovan. Nästa forskningsområde som bilkörning ska jämföras med är när ett navigationssystem är implementerat i bilen och därför kommer det att presenteras information om det området i kommande kapitel. Eftersom navigationssystem är till för att hjälpa föraren är det av stor vikt att de är anpassade efter människans kognitiva begränsningar och förutsättningar så att de verkligen hjälper föraren. Det är alltså nödvändigt att undersöka hur föraren påverkas av att ha ett navigationssystem inuti bilen och hur systemet ska utformas för att förarens belastning ska minskas i största möjliga mån.

6 Navigationssystem

Det finns enligt Zaidel och Noy (1998) två typer av system som syftar till att hjälpa föraren att navigera till en destination. En enklare form av system är färdvägledningssystem (eng. Route Guidance System) som är ett system som visar en lista av instruktioner för hur föraren ska köra. Ett navigationssystem däremot visar instruktionerna grafiskt istället och är ofta mer komplicerat. Detta arbete kommer att behandla de mer komplicerade navigationssystemen.

För att anlända till en destination behöver föraren information såsom den nuvarande positionen av fordonet och färdvägen från den positionen till destinationen. I främmande områden navigerar föraren genom att komma ihåg den nuvarande positionen och sedan följa anvisningar till destinationen. Ett navigationssystem kan underlätta dessa uppgifter (Akamutsu, Yoshioka, Imacho, Daimon & Kawashima, 1998). När föraren kör fås information från "Global Positioning System" (GPS) som talar om exakt var föraren befinner sig, om målet är nått eller om föraren har tagit fel väg. En förare skriver enligt Ross och Burnett (2001) in gatunamn, nummer och region oftast genom att använda en joystick och tangentbord i kombination och navigationssystemet ger då en vägbeskrivning till destinationen. De flesta system tillåter användaren att skriva specifika mål såsom en idrottsanläggning eller ett historiskt monument. Om föraren vill ha anvisning ger systemet anvisningar på flera olika alternativ på vägar samt räknar ut snabbast möjliga väg dit. De flesta system ger instruktioner inför varje korsning, systemet visar då symboler som visar när och åt vilket håll föraren ska svänga. De flesta navigationssystem har även en röst som säger när föraren ska vara beredd på att svänga, till exempel "sväng vänster om 200 m". Om föraren tar fel väg kan systemet räkna om och visa på en ny väg.

Det finns olika sätt att utforma displayen till ett navigationssystem på. Det finns enligt Burnett och Joyner (1998) system som baseras på kartor som anpassar sig efter bilens rörelse. En del kartbaserade navigationssystem är detaljerade och använder riktmärken, till exempel kyrkor och sjöar, medan andra är reducerade till endast vägen som föraren kör på samt omkringliggande vägar. Ett annat sätt är att ge information genom pilar som visar åt vilket håll föraren ska köra nästa gång, systemet är då symbolbaserat. Oftast används dessa i kombination med varandra.

Enligt Lee (1998) finns det olika funktioner hos ett navigationssystem som ska stödja föraren på olika sätt, de är: resplanering, olika transportmedel, destinationsval, dynamisk färdvägsval, automatisk tullindrivning samt färdvägsschema. Resplanering handlar om samkörningen av långa resor med flera stopp och kan involvera färdvägar baserade på landskap, historiska platser, hotell, restauranger och fordonservice. Funktionen om olika transportmedel underlättar för beslut angående vilket transportmedel som är lämpligt av till exempel buss, tåg och tunnelbanor. Destinationsval underlättar när föraren ska besluta om destination och färdväg medan bilen är parkerad. Information som fås från denna funktion kan innefatta tidigare trafikstockning, bedöma restid m.m. Det dynamiska färdvägsvalet omfattar varje förmåga inom färdvägsval som föraren kräver. Automatisk tullindrivning tillåter fordonet att köra igenom en tull utan att bli stoppad. Tullen räknas av från förarens konto när fordonet passerar tullindrivningsområdet. Funktionen

6 Navigationssystem

färdvägsschema samordnar flera destinationer för att minimera restiden eller förseningar (Lee, 1998).

Målet för navigationssystem är öka säkerheten, rörligheten, effektiviteten samt bekvämligheten för bilförare. Samtidigt som systemen kan hjälpa till att reducera olyckor finns det dock en risk att de istället distraherar föraren ytterligare (Monk, Moyer, Hankey, Dingus, Hanowski, Wierwille & Walter, 2000).

Ett navigationssystem tillhandahåller föraren med information om det aktuella och omkringliggande området samt vägledning om färdvägen till en destination. Informationen kan reducera förarens stress och förbättra effektiviteten och därmed bidra till säker och ekonomisk körning (Kimura, Marunaka & Sugiura, 1998). Navigationssystem erbjuder en teknologisk lösning som gör det möjligt för föraren att navigera i främmande områden och nå sin slutdestination (Ross & Burnett, 2001). Om system av den här typen utformas och används på rätt sätt kan de, i teorin, reducera trafikstockning, förbättra navigationen, minska sannolikheten av en olycka samt förbättra förarens effektivitet (Mannering, 1995 i Cha & Park, 1997). Ett exempel på tidigare undersökning som visar på att navigationssystem hjälper föraren i uppgiften att navigera är en studie av Daimon och Kawashima där papperskarta jämfördes med navigationssystem.

Belastningen på människans kognitiva processer skiljer sig enligt Daimon och Kawashima (1996) mellan en papperskarta och ett navigationssystem. För att undersöka hur skillnaden såg ut och vilket som hjälper föraren mest att navigera gjordes två experiment i obekant område. Den kognitiva belastningen mättes genom att använda fysiologiska mätningar i form av hjärtslag och ögonrörelser. I det ena experimentet valde föraren färdväg med hjälp av ett navigationssystem och i det andra experimentet valdes färdväg genom att använda en papperskarta. Försökspersonerna fick tre destinationer att ta sig till och hitta den kortaste färdvägen dit, försökspersonen väljer färdväg utifrån information som finns antingen hos navigationssystemet eller hos papperskartan.

Resultaten från undersökningen visar att för handlingar som kräver korttidsminne behöver förare mer kapacitet när de använder en papperskarta i jämförelse med ett navigationssystem. Då navigationssystem endast visar den del av kartan som är intressant i ett visst tillstånd kan förare enkelt reducera onödig information genom att titta i mitten på displayen. Detta är dock inte fallet när föraren använder papperskarta för att navigera sig, användaren måste då klargöra den nuvarande platsen samt sortera ut den information som är aktuell. Med anledning av detta belastas förarens kognitiva processer mer med användandet av en papperskarta för att bestämma den aktuella positionen. Vidare tvingas användaren att hålla informationen om den aktuella platsen i korttidsminnet under tiden när en papperskarta används. När navigationssystem används är det systemets uppgift att klargöra den aktuella positionen och därmed hjälpa människans begränsade korttidsminnes kapacitet. Det finns även en skillnad enligt Daimon och Kawashima (1996) i ögonfixering mellan användandet av en papperskarta och ett navigationssystem. Det har visat sig att en användare tittar mer inuti bilen när de använder ett navigationssystem i jämförelse med när en papperskarta används. Detta kan bero på att

6 Navigationssystem

navigationssystemet tillhandahåller föraren information om den befintliga positionen och därför tittar föraren mer på systemet när den befintliga positionen ska klargöras.

Att använda ett navigationssystem kan dock vara farligt för föraren då det tar ytterligare av uppmärksamheten som redan är belastad. Alm, Svidén och Wearn (1998) poängterar detta och menar att uppgiften att kontrollera uppgifter inuti bilen utökas och förhindrar föraren att utföra andra deluppgifter som är viktigare, till exempel att följa vägen. Informationssystem som ska finnas inuti bilen kan ses som ytterligare en uppgift som kräver att föraren delar sin uppmärksamhet mellan systemet och uppgiften att köra bil (Alm, m.fl., 1998). Detta krav kan störa, snarare än att öka, prestationen av att köra bil, speciellt för personer som har svårt att skifta uppmärksamhet snabbt mellan olika områden. Med anledning av detta undersökte Moss och Triggs (1998) om tiden för att skifta uppmärksamheten skilde mellan ålder och erfarenhet. Resultatet av studien visar att tiden för att skifta uppmärksamhet påverkas av ålder, men är dock oberoende av bilkörningserfarenhet. Vidare påvisades att tiden för att skifta uppmärksamhet inte påverkas av den kognitiva belastningen. Detta innebär att det är möjligt att implementera informationssystem utan att tiden för att skifta uppmärksamhet påverkas.

Att köra ett fordon kräver mycket av en förarens uppmärksamhet. Att interagera med informationssystem belastar uppmärksamheten ännu mer och det hindrar förarens förmåga att utföra den primära uppgiften som är att köra (Monk m.fl., 2000). Eftersom systemet ger information hela tiden under körningen kommer det kräva mycket av förarens uppmärksamhet (Ross & Burnett, 2001). Då risken med navigationssystem är att uppmärksamheten kan belastas är det viktigt att designen är anpassad efter människans begränsningar. Designen av systemet ska inte bara påverkas av den uppmärksamhet som krävs för systemet utan det är även viktigt att ta hänsyn till den uppmärksamhet som krävs för själva körningen. Det är speciellt viktigt med utformningen av informationssystem som ska användas inuti fordon eftersom konsekvenserna av ett dåligt utformat system kan vara döden eller allvarlig skada (Monk m.fl. 2000). Effektiviteten av ett informationssystem beror på hur bra gränssnittet är anpassat till användaren. Förarens beteende influeras i stor grad av vilken information som presenteras och det är väldigt viktigt att analysera och utvärdera gränssnittet utifrån förarens säkerhet (Daimon & Kawashima, 1996).

Ett navigationssystem är alltså ett komplext system med olika varianter och kombinationer. Tidigare visade det sig att bilkörning och navigering är uppgifter som kräver mycket av förarens kognitiva processer. Med anledning av detta är det viktigt att det finns forskning inom kognitiva faktorer och navigationssystem för att minimera risken för att förarens uppmärksamhet riktas för mycket inuti bilen. Forskare inom navigationssystem vet att mänskliga faktorer behöver beaktas och det har därför framkommit resultat inom vad som passar människans förutsättningar inom navigationssystem.

6.1 Resultat från forskning inom navigationssystem

Srinivasan och Jovanis (1998) undersökte hur egenskaperna av navigationssystem påverkar belastningen på förarens uppmärksamhet samt effektiviteten av bilkörningen. En frågeställning som skulle besvaras var om navigationssystem förbättrar bilkörningen i jämförelse med en papperskarta. Detta är alltså samma frågeställning som Daimon och Kawashima hade, som presenterades i föregående avsnitt. En annan frågeställning handlade om ett auditivt system förbättrar bilkörningen och minskar förarens belastning i jämförelse med ett visuellt system. Den sista frågeställningen var om displayer som är placerade ovanför föraren förbättrar bilkörning och minskar förarens belastning i jämförelse med displayer som är placerade nedanför förarens synfält. Resultatet av studien visar tydligt att förarens prestation förbättrades med ett navigationssystem i jämförelse med att använda en papperskarta vilket bekräftar Daimon och Kawasimas resultat. Det påvisades även att det auditiva systemet leder till bättre bilkörning i jämförelse med det visuella systemet. Displayen som placerades ovanför förarens huvud visade på något bättre resultat än systemet där föraren tittar nedåt.

För att påvisa dessa resultat fick försökspersonerna köra olika sträckor i en simulator med alla kombinationer av navigationssystem. Då försökspersonerna ansågs köra snabbast med det system som krävde minst uppmärksamhet användes hastighet som en parameter för att mäta uppmärksamhet. Belastningen mättes genom att använda NASA TLX. Navigeringsfel mättes då föraren förmodligen gör fler fel ju komplexare system som används. Då försökspersonerna troligen reagerar snabbare om uppmärksamheten är riktad mot vägen snarare än mot systemet mättes även förarens reaktionstid vid till exempel ett hinder.

I studien undersöker Srinivasan och Jovanis (1998) alltså tre olika faktorer av ett navigationssystem som kan påverka förarens uppmärksamhet. Den första handlar om i vilken modalitet informationen ska presenteras, om det är visuellt eller auditivt alternativt en kombination som belastar förarens uppmärksamhet minst. Nästa område handlar om vilket format och innehåll displayen i navigationssystemet ska ha för att minska förarens belastning på uppmärksamhet, kartbaserat eller symbolbaserat eller en kombination. Var displayen ska placeras handlar nästa område om, det vill säga huruvida det är bättre att ha displayen så nära föraren som möjligt eller inte. Det finns flera forskare inom navigationssystem som har gett sig an dessa faktorer och för att se om dessa resultat stämmer överens med övrig forskning presenteras nedan ytterligare forskning inom samma område. Eftersom frågeställningen handlar om vilka metoder forskning inom navigationssystem använder krävs det att fler studier presenteras.

6.1.1 Modalitet av navigationssystemet

Information om vägval från ett navigationssystem kan antingen presenteras visuellt eller auditivt eller både och, som nämnt tidigare. Eftersom bilföraren använder sin visuella kapacitet mest är det troligt att uppmärksamheten belastas mindre med auditivt navigationssystem. Det är dock även möjligt att det är svårt att uppfatta det auditiva då

6 Navigationssystem

det kan finnas annat buller runtomkring. Skulle föraren missa ett meddelande är det inte heller lika lätt som med det visuella att kontrollera uppgiften.

Forskning inom navigationssystem har visat att människans uppmärksamhet belastas mindre av att använda navigationssystem som presenterar informationen auditivt i jämförelse med att enbart presentera det visuellt (Burnett & Joyner, 1998; Mollenhauer, Hulse, Dingus, Jahns & Carney, 1998; Zaidel & Noy, 1998). Mollenhauer m.fl. (1998) menar att kombinationen av visuell och auditiv presentation är att föredra eftersom föraren då kan titta på displayen för att kontrollera det som just sades, vilket leder till att det auditiva meddelandet inte behöver upprepas. Zaidel och Noy (1998) utförde två experiment för att undersöka olika typer av navigationssystem för att se vilket som stödjer föraren mest vid navigering utan att ta för mycket av dess uppmärksamhet. I det första experimentet jämfördes två olika hjälpmedel för navigering, ett system som hade en vägledningslista och ett mer avancerat som visade grafiskt hur föraren skulle köra. Varje försöksperson körde de olika systemen och ordningen balanserades. Resultaten visade att ett mer avancerat navigationssystem kan leda till bättre bilkörning i jämförelse med att endast ha en lista med instruktioner. Navigationssystemet skilde sig dock från listan med instruktioner på tre olika sätt: informationen presenterades både visuellt och auditivt, den auditiva informationen hade kontextuella ledtrådar samt att informationen presenterades i lämplig tid. Det andra experimentet skulle skildra dessa faktorer. Här undersöktes två olika modaliteter, visuellt och auditivt och två olika typer av kontroll, automatisk (systemdriven) och interaktiv (förardriven). Försökspersonerna delades upp i två olika grupper, ena gruppen körde med systemet som visade informationen på en skärm och den andra gruppen använde systemet som presenterade informationen auditivt. Båda grupperna hade två olika tillstånd, det ena var automatiskt och det andra var interaktivt. I båda experimenten mättes försökspersonernas bilkörning för att se hur bilkörningen påverkades av de olika systemen, ögonen mättes för att undersöka uppmärksamheten och förarens belastning mättes med hjälp av NASA TLX. Resultaten visar att det mer avancerade systemet och med automatisk kontroll stödde förarens kognitiva processer mest, det finns dock en risk att uppmärksamheten förs bort från vägen. Det visade sig även här att systemet med auditiv information hjälpte föraren mest och den allra effektivaste varianten verkar vara ett automatisk auditivt system. Resultaten av NASA TLX visar dock på att föraren känner mer belastning med det auditiva systemet än med det visuella. Resultaten av de olika mätningarna på hur föraren påverkas av de olika systemen strider alltså mot varandra. Författarna tar ändå slutsatsen att det auditiva systemet är bättre för föraren då uppmärksamheten riktas mindre inuti bilen samt att bilkörningen var bättre. Att förarens uppmärksamhet var riktad mer inuti bilen är uppenbart eftersom det är där informationen finns. Att försökspersonen kände mer kognitiv belastning med det auditiva systemet kan bero på att vederbörande var tvungen att hålla informationen i huvudet. Detta tyder på att föraren önskar ha informationen visuellt för att kontrollera information som nyss sades.

Mollenhauer m.fl. menar att användarna önskar ha en kombination av både visuellt och auditivt. Detta kan även vara det som experimentet av Zaidel och Noy visade. Mollenhauer m.fl. menar att det finns olika tillfällen i körningen som det visuella respektive auditiva alternativt en kombination av dessa används. Ett sådant tillfälle är innan själva körningen börjar, exempelvis när bilen är parkerad eller i neutralläge, och

6 Navigationssystem

vid detta tillfälle är både den visuella och kombination av visuell och auditiv att föredra. Skillnaden beror på informationens komplexitet. Då risken för visuell distraktion är borttagen finns det ingen anledning att begränsa användandet av det visuella systemet. I situationer då färdvägen ska planeras är det lättare att förklara vissa spatiala relationer mellan den nuvarande placeringen och önskad destination genom en karta än att förklara det i ett verbalt meddelande. När destinationen är vald och föraren börjar sin resa minskar användandet av systemet med enbart visuell information. Eftersom föraren nu tvingas använda mycket av sin visuella uppmärksamhet både till att köra samt att navigera, måste användandet av den visuella displayen minskas. Mollenhauer m.fl. (1998) påpekar dock att det inte är enbart auditiv information användarna önskar utan en kombination av de båda. En visuell komponent som föraren kan hämta information ifrån kan leda till att det auditiva meddelandet inte behöver repeteras. Srinivasan och Jovanis (1998) poängterar dock att auditiva system kan vara störande för föraren och på så sätt leda till frustration. Föraren kan därför önska att det ska vara möjligt att stänga av rösten.

6.1.2 Informationens innehåll och format

I ett avancerat navigationssystem finns det två sätt att presentera informationen på, antingen genom en karta eller genom pilar som visas när föraren ska svänga. Det har visat sig att displayer med instruktioner om när föraren ska svänga belastar förarens uppmärksamhet mindre än displayer med en karta. En display med karta kan dock vara användbar vid komplexa resor för att hämta information och planera framtida manöver (Dingus & Hulse, 1993 i Srinivasan & Jovanis, 1998). Burnett och Joyner (1998) undersökte detta genom att jämföra tre displayer: en display med en karta, kallad kartbaserat system och två olika varianter på pilar som talar om när föraren ska svänga, kallade symbolbaserade system. Varje försöksperson fick köra två sträckor, en med kartbaserade systemet och en när en variant av det symbolbaserade systemet användes. Försökspersonernas belastning mättes genom att använda NASA TLX och deras uppmärksamhet mättes genom att studera ögonrörelserna. Resultatet visade att föraren tittade mer på systemet när det var kartbaserat i jämförelse med när det var symbolbaserat, vilket stämde överens med resultaten från NASA TLX. Detta tyder på att förarens visuella belastning reduceras genom att använda symbolbaserade system. Det har dock inte undersökts om denna skillnad i visuell belastning har någon påverkan på bilkörningen.

6.1.3 Placering av displayen

En annan viktig fråga inom de mänskliga faktorerna är var displayen ska placeras för att underlätta för människans uppmärksamhetsförmåga. Displayen kan antingen placeras så att föraren tittar uppåt eller nedåt. Det kan enligt Srinivasan och Jovanis (1998) argumenteras att displayer som är närmare föraren skulle leda till mindre belastning från bilkörandet. Det skulle innebära att en display som är placerad framför föraren, alltså så att föraren tittar uppåt, är bättre än att placera den så att föraren tittar nedåt.

Wickens (1992) menar att det inte är en garanti att spatial närhet hjälper föraren att dela uppmärksamheten. Att ha en display som är placerad närmare föraren garanterar alltså

6 Navigationssystem

inte att föraren skulle få det lättare att avläsa information och samtidigt köra. Det underlättar dock för den delade uppmärksamheten om displayen är placerad nära föraren.

Det finns alltså forskning inom navigationssystem och hur de ska utformas för att stödja förarens kognitiva processer på ett tillfredsställande sätt. Det förefaller ganska naturligt att ett auditivt system skulle vara bättre eftersom det tidigare visat sig att föraren använder sina visuella processer mer än de auditiva. Med anledning av det skulle därför ett auditivt system vara mer lämpligt och belasta föraren mindre då det har visat sig vara lättare att dela uppmärksamheten mellan uppgifter som inte delar samma modalitet och resurser (se avsnitt 3.4). Det är även troligt att föraren skulle kunna avläsa en enklare variant av navigationssystem som inte har en karta utan enkla symboler för att vägleda föraren till en destination. När displayen är placerad ovanför förarens huvud är det lättare att dela på uppmärksamheten mellan displayen och trafiken i jämförelse om föraren tittar nedåt. Det är dock nödvändigt att göra empiriska undersökningar för att se om förväntningarna bekräftas eller förkastas och en del av de empiriska studier som utförts har presenterats i detta kapitel. Frågan är dock om det finns en skillnad mellan de båda forskningsområdena i användandet av metoder, vilket har varit frågan som har legat till grund för arbetet.

7 Analys

Det material som har presenterats i föregående kapitel kommer att analyseras i detta kapitel. I analysen kommer de båda teknikerna att jämföras för att få en djupare inblick i vad de har för för- och nackdelar. Detta görs genom att ställa de fakta som finns i litteraturgenomgången mot varandra för att hitta respektive styrkor och svagheter med de båda metoderna. Jämförelsen kommer att göras utifrån ett antal kriterier som Wickens (1992) anser vara viktiga för metoder som mäter kognitiv belastning. Denna jämförelse gör det sedan möjligt att diskutera när de olika metoderna är lämpliga att använda. Sedan ska de artiklar som presenterats i arbetet sammanställas för att se om det finns en skillnad i användandet av metoder då det är en stor del av frågeställningen till arbetet. Om det finns en sådan skillnad ska även potentiell anledning presenteras för att försöka förstå vad skillnaden kan bero på.

7.1 Jämförelse mellan NASA TLX och sekundära uppgifter

Att köra bil och att använda navigationssystem är riskfyllt och det är viktigt att förarens belastning mäts på ett så korrekt sätt som möjligt. Nedan följer en jämförelse mellan sekundära uppgifter och NASA TLX för att få en djupare förståelse vad de olika metoderna har för svagheter och styrkor.

Det är viktigt att välja metod efter vilken frågeställning som ligger till grund för det aktuella arbetet samt de resurser och den tid som finns till förfogande. När belastningen på försökspersonens kognitiva processer ska mätas finns det alltså fler metoder att välja på, exempelvis sekundära uppgifter och NASA TLX. Eftersom det är dessa metoder som arbetet fokuserat på är det de som kommer att jämföras här. Genom att ställa metoderna mot varandra kan det bli möjligt att förstå varför det kan finnas en skillnad i användandet av metoder inom bilkörning och navigationssystem. När NASA TLX och sekundära uppgifter ska jämföras är det en förutsättning att de mäter samma sak. Det kan finnas skillnader i vad metoderna mäter. NASA TLX är en subjektiv metod och mäter alltså försökspersonens upplevelse av belastning. Sekundära uppgifter mäter hur prestationen av den sekundära påverkas av den primära uppgiften och därmed hur mycket den primära uppgiften belastar. NASA TLX mäter dessutom fem ytterligare dimensioner på belastning och inte bara den kognitiva.

Med dessa skillnader i åtanke ska nu de båda metoderna jämföras. Vid jämförelsen av metoderna kan olika kriterier användas. Wickens (1992) har föreslagit ett antal kriterier som är viktiga vid mätning av belastning och kriterierna har stora likheter med O'Donnell och Eggemeier (1986, i Wickens, 1992). Dessa kriterier kommer att användas när metoderna NASA TLX och sekundära uppgifter ska jämföras för att kunna gå in djupare på olika kriterier. Anledningen till att dessa kriterier kommer att användas är att de verkar stå för viktiga delar som en metod som mäter belastning bör uppnå. Det är dock inte möjligt för en metod att uppfylla samtliga krav, men olika metoder kan uppfylla olika krav.

7 Analys

Känslighet. Tekniken ska vara känslig för förändringar i svårighet på uppgiften eller krav på resurser.

Diagnos. Tekniken ska utvisa anledningen till varför belastningen varierar vilket gör det möjligt att göra en bättre lösning.

Selektivitet. Tekniken ska vara selektivt känslig enbart till skillnader i den kognitiva belastningen och inte för förändringar i faktorer som fysisk belastning eller stress.

Närgångenhet. Tekniken ska inte kollidera med, fördärva eller hindra prestationen av den primära uppgiften.

Reliabilitet. Tekniken ska vara pålitlig och ha hög reliabilitet.

7.1.1 Känslighet

Det första kriteriet är känslighet och NASA TLX är enligt Wickens (1992) den känsligaste subjektiva metoden i jämförelse med SWAT då den har en tjugopunktsskala i jämförelse med SWATs tre. NASA TLX är känslig för att upptäcka belastning och studier i detta arbete har visat på att metoden är användbar som metod i olika situationer. Ett exempel på när NASA TLX är lämplig är i studien av Burnett och Joyner som presenterades i avsnitt 6.1.2. Resultaten från NASA TLX stämde överens med övriga mätningar på vad som stödjer människan mest. Det finns dock undersökningar där NASA TLX och övriga mätningar visat på motsägande uppgifter. Ett exempel på en sådan undersökning är en studie av Zaidel och Noy där utöver belastning även ögonrörelser och hjärtslag mättes. Resultaten från ögonrörelserna och hjärtslagen stred mot resultatet från NASA TLX. Resultaten från NASA TLX ignorerades när slutsatsen skulle dras. Detta kan bero på olika saker, kanske är det svårt för försökspersonen att avväga vilken av de två betingelserna som krävde mest belastning. Det kan även bero på att försökspersonen tvingades hålla informationen från det auditiva systemet i huvudet vilket kan leda till högre belastning. Burnett och Joyner och Zaidel och Noy undersökte liknande frågeställning och båda använde upprepade mätningar och ändå gav det olika resultat med NASA TLX. Något som dock skiljer Burnett och Joyners studie från Zaidel och Noys är att när det auditiva systemet undersöktes fanns det både en visuell och auditiv komponent i systemet till skillnad från Zaidel och Noy där systemet enbart var auditivt. Detta skulle då tyda på att anledningen till att resultaten var motstridiga är att föraren tvingas hålla informationen, som annars finns i den visuella komponenten, i huvudet. Det är även troligt att personen inte vill skriva att uppgiften har varit svår och belastat kognitionen eftersom det kan ställa personen i dålig dager och vederbörande kan känna sig misslyckad med prestationen av uppgiften.

Något som tyder på att sekundära uppgifter skulle vara känslig är att tekniken är utformad för att förutse hur mycket resterande uppmärksamhet utövaren har tillgänglig. Det framgår hur mycket den primära uppgiften belastar de kognitiva processerna i prestationen av de sekundära uppgifterna. Det är dock inte möjligt att jämföra olika mätningar och huruvida resultaten stämmer överens som med NASA TLX. Anledningen

7 Analys

till detta är att sekundära uppgifter oftast är den enda mätningen på hur människan påverkas av de olika betingelserna. Det är därför svårt att jämföra de båda metoderna på det sättet. Frågan är om det inte behövs fler mätningar på hur människan påverkas även när sekundära uppgifter används för att få olika aspekter av vad som stödjer människan mest.

Det är svårt att säga vilken av metoderna som är mest känslig då det beror på i vilken situation och frågeställning metoden ska användas. Oavsett vilken metod som väljs kan det vara en fördel att ha flera parametrar som mäter hur människan påverkas. Detta medför att det är möjligt att se om resultaten från de olika mätningarna stämmer överens med varandra. Det skulle även vara möjligt att kombinera sekundära uppgifter och NASA TLX då de mäter olika aspekter av belastning.

7.1.2 Diagnos

Det andra kriteriet är diagnos och med NASA TLX är det svårt att ställa en diagnos eftersom utövaren svarar efter hela uppgiften är utförd och inte på specifika händelser och deluppgifter. Sekundära uppgifter däremot mäts på olika tillfällen under uppgiften som utförs och det gör det möjligt att kontrollera när de flesta svårigheterna med uppgiften sker. Det är dock inte alltid självklart vad i den situationen som är orsaken till att försökspersonens kognitiva processer är belastade. Det är dock enklare att räkna ut orsaken när det finns ett tillfälle att beakta. Med NASA TLX är det svårare att ställa diagnos eftersom försökspersonen svarar efteråt och ger en helhetsbild av uppgiften och inte på olika delar vilket gör det nästintill omöjligt att förstå orsaken. Det skulle vara möjligt att göra NASA TLX efter varje situation, men detta skulle då ta väldigt lång tid och bli jobbigt för försökspersonen. Det skulle förmodligen bli ohållbart i längden, men det är dock möjligt och då skulle det bli enklare att förstå orsakerna till belastningen med NASA TLX.

7.1.3 Selektivitet

Nästa kriterium som Wickens (1992) nämner är selektivitet. NASA TLX har delat upp frågorna i vad som är fysisk belastning, stress och vilket som är kognitiv belastning, alltså uppfyller NASA TLX kriteriet om selektivitet. Det kan dock återigen vara svårt för utövaren att svara på och skilja på dem. Frågan är också om dessa indelningar korrelerar med varandra. Om exempelvis försökspersonen känner en fysisk belastning, betyder det då att vederbörande även känner en kognitiv belastning? Det är möjligt att om uppgiften kräver någon form av belastning kan försökspersonen känna belastning, både fysiskt och mentalt. Det är också tänkbart att de är åtskilda eftersom bara för att uppgiften är tung rent fysiskt behöver inte det betyda att den är tung även kognitivt. Att bära något är tungt fysiskt men inte särskilt jobbigt kognitivt. Det är tänkbart att de övriga kategorierna korrelerar inom bilkörning då en situation som kräver mycket av förarens kognitiva processer även kan utlösa exempelvis frustration och ansträngning. Undersökningen av Burnett och Joyner (1998) visar att hur nivåerna står i relation till varandra beror på situationen. Resultatet av studien visar även på att den fysiska och den kognitiva belastningen inte korrelerar mycket inom bilkörning och den kognitiva belastningen är högre. Vidare är det möjligt att dra slutsatsen att om belastningen upplevs som väldigt

7 Analys

hög är övriga kategorier också höga, exempelvis hög fysisk belastning, ansträngning och tidspress.

Inom sekundära uppgifter är det troligt att utövaren presterar sämre vid pressande situationer som kan vara ansträngande. Situationer som är ansträngande borde ju även kräva mer av utövarens kognition. På kriteriet selektivitet verkar alltså metoden NASA TLX ha bättre förutsättningar för att kunna separera olika delar av belastningen. Sekundära uppgifter verkar dock ha bättre förutsättningar om endast den kognitiva belastningen ska mätas även om andra faktorer kan påverka denna belastning.

7.1.4 Närgångenhet

När det gäller närgångenhet har NASA TLX klart bättre förutsättningar än sekundära uppgifter eftersom utövaren svarar på frågorna efter den primära uppgiften slutförts. Sekundära uppgifter kan dock inkräkta och påverka prestationen av den primära uppgiften och det är därmed av vikt att välja den sekundära uppgiften noga för att minska risken för att den primära uppgiften ska påverkas. Om den primära uppgiften blir alltför störd i en situation inom bilkörning och om den sekundära uppgiften utförs i ett kritiskt läge kan detta leda till en olycka. Detta borde kunna förhindras genom att be försökspersonen att endast utföra den sekundära uppgiften när vederbörande har möjlighet, alltså när den primära uppgiften inte kräver för mycket av försökspersonens kognitiva processer. Problem med kriteriet närgångenhet kan leda till att försökspersonerna inte vill utföra den sekundära uppgiften alls. För att förhindra detta är det en fördel om den sekundära uppgiften är anpassad efter situationen och en del i den primära uppgiften, dock med lägre rankning än den primära. Detta skulle kunna leda till att försökspersonerna blir mer villiga att utföra uppgiften. Försökspersonerna måste koncentrera sig på den primära uppgiften och endast fokusera på den sekundära uppgiften när det är möjligt för att metoden sekundära uppgifter ska fungera tillfredsställande.

7.1.5 Reliabilitet

Det sista kriteriet är reliabilitet och den är troligen lika hög för de båda metoderna. Det som skulle tala för att NASA TLX skulle ha svagare reliabilitet är att försökspersonerna kan svara väldigt olika och på så sätt resultera i att svaren inte blir konsekventa. Det är dock möjligt att försökspersonerna i ett replikerande experiment svarar som de föregående. Samma problem finns även hos sekundära uppgifter där det kan skilja mycket i försökspersonernas prestation då alla presterar olika på att utöva två uppgifter samtidigt.

7.1.6 Sammanfattning av jämförelsen

Sammanfattningsvis är det svårt att avgöra vilken metod som skulle vara lämpligast, det beror på situation och vad det är som ska mätas. Det skulle kanske vara fördelaktigt att kombinera de båda metoderna för att få olika aspekter av försökspersonens belastning.

Artikeln av Stanton, m.fl. (1997), som presenterades i kapitel 4, mätte förarens belastning med sekundära uppgifter och resultaten visade på att försökspersonernas belastning

minskade när ACC implementerades. Stanton m.fl. (1997) jämförde dessa resultat med en annan liknande studie där belastningen mättes med NASA TLX och då visade resultaten ingen förbättring på belastningen med ACC (Nilsson, 1995 i Stanton m.fl., 1997). Att implementera ACC visade alltså inte på någon belastning när NASA TLX användes men en belastning blev synlig när sekundära uppgifter användes. Författarna till artikeln menar att relationen mellan NASA TLX och sekundära uppgifter behöver undersökas vidare. Denna skillnad i upptäcksgrad behöver inte innebära att sekundära uppgifter är känsligare än NASA TLX. Detta kan bero på att metoderna mäter olika aspekter av belastning. Att implementera ett ACC system kan alltså underlätta för förarens kognitiva processer som visades med sekundära uppgifter. Att belastningen inte visades med NASA TLX kan bero på att föraren hade svårt att känna minskning i belastning. En annan potentiell förklaring kan vara att NASA TLX mäter mer än den kognitiva belastningen och därför visas ingen belastning. Eftersom det tidigare visat sig att den fysiska belastningen, ansträngning och frustration inte korrelerar med den kognitiva kan det innebära att belastningen inte blir synlig. Genom att räkna på det sammanlagda värdet från NASA TLX kan det betyda att den kognitiva belastningen blir obetydlig om de övriga kategorierna inte visade på belastning. Det skulle ju då vara möjligt att först beräkna resultaten från den kognitiva delen av mätningen, men detta beror dock återigen på vad som ska mätas.

7.2 Användning av sekundära uppgifter och NASA TLX

I litteraturen har det presenterats olika resultat från forskningen inom bilkörning och navigationssystem. För att få en tydlig bild över vad de använde för metod visas nedan en tabell över de artiklar som använts i detta arbete, se tabell 1. Som visas i tabellen och som har framgått av denna litteraturgenomgång finns det en skillnad mellan forskningen inom navigationssystem och att använda sekundära uppgifter som en metod för att mäta förarens belastning, vilket stämmer överens med det förväntade resultatet (se kapitel 1). Forskningen inom bilkörning använder sekundära uppgifter i större utsträckning än vad forskningen inom navigationssystem gör. Valet av metod ska som nämnt tidigare bero på situationen och frågan är nu vad det beror på att forskningen inom navigationssystem inte använder sekundära uppgifter.

Då alla artiklar är utspridda i arbetet kommer här en kort genomgång av studiernas syfte. De tre första artiklarna i tabellen handlar om olika aspekter inom bilkörning och de har använt sekundära uppgifter som metod för att mäta belastning. Den första artikeln, av Verwey undersökte potentiella komponenter som kan påverka förarens visuella och kognitiva belastning. Artikeln av Stanton m.fl. undersökte om ett ACC-system reducerade förarens belastning med hjälp av en visuell upptäcksuppgift. Detta skulle påvisas genom att utföra två sekundära uppgifter, en var en visuell upptäcksuppgift och en var av auditiv karaktär. Lenné m.fl. (1997) undersökte om bilkörandet förändrades beroende på vilken tid på dygnet föraren kör. Belastningen mättes genom en visuell upptäcksuppgift. Metoden NASA TLX har dock använts inom bilkörning och det illustrerar den fjärde artikeln av Alm och Nilsson (1998). Artikeln handlar om huruvida körningen påverkas av att föraren pratar i mobiltelefon och i så fall på vilket sätt. De tre sista artiklarna handlar om navigationssystem och belastningen har mätts med hjälp av NASA TLX. Srinivasan och Jovanis (1998) undersökte hur egenskaperna av

7 Analys

navigationssystem påverkar belastningen på förarens uppmärksamhet samt effektiviteten av bilkörningen. Zaidel och Noy (1998) undersökte olika varianter av ett navigationssystem för att se vilken variant som stödjer föraren mest utan att belasta uppmärksamheten. I den sista artikeln undersöktes vilket system som var mest lämpligt för förarens uppmärksamhet, symbol- eller kartbaserat av Burnett och Joyner (1998).

Artikel	Navigations-system	Bilkörning	Sekundära uppgifter	Subjektiva mätningar	Kapitel i arbetet
Verwey (2000)		X	Visuell och auditiv uppgift		4
Stanton, Young och McCaulder (1997)		X	Upptäcktsuppgift		3.5
Lenné, Triggs och Redman (1997)		X	Upptäcktsuppgift		5
Alm och Nilsson (1998)		X		NASA TLX	5
Srinivasan och Jovanis (1998)	X			NASA TLX	6.1
Zaidel och Noy (1998)	X			NASA TLX	6.1.2
Burnett och Joyner (1998)	X			NASA TLX	6.1.3

Tabell 1. Sammanfattning av de artiklar som har presenterats i arbetet.

Av de artiklar som presenterats i arbetet är det endast en artikel som har använt fysiologiska mätningar som metod. Artikeln är en studie av Daimon och Kawashima (1996), som presenterades i kapitel 6. Studien syftade till att undersöka hur förarens uppmärksamhet och andra kognitiva processer påverkas när ett navigationssystem användes i jämförelse med en papperskarta. Fysiologiska mätningar fungerar dock inte alltid tillfredsställande att använda som enda metod att mäta belastning på försökspersonens kognitiva processer. Det är förmodligen därför metoden inte används så ofta, men den skulle däremot kunna fungera som komplement och ytterligare ett element för att bedöma belastningen. Metoden är dock inte lyckad då den inte direkt mäter hur försökspersonens belastning påverkas. Det är möjligt att vederbörande får ökad puls av andra anledningar än att belastningen ökar. Försökspersonerna kan dessutom bli mer negativt inställda till experimentet då det krävs elektroder som ska fästas på personen. Det är troligtvis på grund av dessa anledningar som metoden endast har använts i en av artiklarna som har presenterats i arbetet.

Sekundära uppgifter och NASA TLX mäter olika aspekter av belastning. Om det är den kognitiva belastningen som eftersöks skulle sekundära uppgifter kunna användas. Det beror dock även på situationen och frågeställningen. Det skulle vara fördelaktigt om forskningen inom navigationssystem använder sekundära uppgifter för att se om metoden kan visa på en högre grad av kognitiv belastning än NASA TLX, precis som i Stanton m.fl. (1997).”

. För att få svar på denna frågeställning och överbrygga denna skillnad krävs att det görs empiriska undersökningar inom navigationssystem som använder sekundära uppgifter som metod för att mäta belastning.

7.2.1 Varför används inte sekundära uppgifter inom navigationssystem?

En anledning till att sekundära uppgifter inte används i så stor grad inom navigationssystem kan vara att föraren redan får ytterligare en uppgift när systemet ska avläsas och följas. Det är ju tänkbart att det redan känns som att navigationssystemet är en sekundär uppgift i sig för försökspersonen. Det är dock även möjligt att se navigationssystemet som en del av bilkörningen genom att förklara bilkörningen som Labiable gör (se kapitel 5). För att titta närmare på detta kan det vara bra med ett exempel och ett exempel, som är nämnt tidigare (se avsnitt 6.1.2), är att undersöka om modaliteten på navigationssystemet påverkar förarens belastning. Det skulle då kunna vara möjligt att påstå att det är utförbart att dra slutsatser från tidigare studier som har använt sekundära uppgifter. Om de tidigare studierna säger exempelvis att förarens prestation på en sekundär uppgift är bättre på en auditiv uppgift än prestationen på en visuell uppgift. Detta skulle då alltså betyda att ett auditivt navigationssystem skulle belasta förarens uppmärksamhet och andra kognitiva processer mindre. Ett problem med denna slutsats är dock att det inte finns något navigationssystem på marknaden som är enbart auditivt, det finns alltid en visuell komponent. Ytterligare ett problem med denna slutsats är att ett navigationssystem är komplext och det kan vara för svårt att uppfatta all information auditivt. Det som krävs är alltså empiriska studier som använder sekundära uppgifter och undersöker olika former av navigationssystem. Om modaliteten på navigationssystemet skulle undersökas med hjälp av sekundära uppgifter är det viktigt att noggrant välja sekundära uppgifter. Navigationssystemet ses alltså i så fall som en del i bilkörningen. Människan har svårigheter med att dela uppmärksamheten när uppgifterna är inom samma modalitet och delar samma resurser (se avsnitt 3.4). Om den sekundära uppgiften är av auditiv modalitet samtidigt som navigationssystemet är av auditiv karaktär kan det innebära att föraren visar på belastning enbart för att de båda uppgifterna delar samma modalitet och inte för att det auditiva systemet kräver mer av föraren. Det är alltså viktigt att välja sekundär uppgift noggrant för att undvika förväxlingar.

Att utföra experiment med navigationssystem och sekundära uppgifter kan även leda till att det blir för mycket för försökspersonerna i ett experiment och de får problem att hantera allt. Det kan hända att prestationen på den sekundära uppgiften blir svag genom hela undersökningen och att försökspersonen inte presterar bra under någon del av undersökningen. Detta kan leda till att det inte är möjligt att avgöra hur mycket föraren belastar sina kognitiva processer. Det är dock möjligt att överbrygga denna oförmåga genom att försökspersonerna får köra med navigationssystemet och bli vana med det för att sedan testa olika varianter av det. Även om det inte framkommit någon artikel i detta arbete som har använt sekundära uppgifter som metod inom navigationssystem är det möjligt att det finns ändå eftersom inte alla artiklar inom området har använts. Dock har försök gjorts att hitta artiklar inom navigationssystem som har använt sekundära uppgifter, men utan resultat, vilket tyder på att det finns en skillnad. Det är möjligt att säga att det finns en skillnad ändå eftersom det har visat sig att sekundära uppgifter används oftare som metod för att mäta förarens belastning inom bilkörning i jämförelse

med navigationssystem. En slutsats som är möjlig att dra från det här är alltså att det behövs mer forskning med sekundära uppgifter inom navigationssystem.

7.3 Vikten av att välja sekundär uppgift

En förutsättning för att sekundära uppgifter ska fungera tillfredsställande som metod är att uppgifterna väljs noggrant och fungerar för den aktuella problemställningen. Verwey (2000) utförde ett experiment där de sekundära uppgifterna kan diskuteras. I experimentet användes två olika sekundära uppgifter för att undersöka olika faktorer, exempelvis ålder och erfarenhet, som kan påverka förarens visuella och kognitiva belastning (se avsnitt 4.5). Undersökningen som Verwey utförde använde sig av en visuell sekundäruppgift för att testa den visuella belastningen och det är diskutabelt om inte denna sekundära uppgift även mäter den kognitiva belastningen. Frågan är vad skillnaden är, ingår inte den visuella belastningen i den kognitiva? Dessutom är en visuell upptäcktsuppgift en vanlig metod för att mäta den kognitiva belastningen. Som en sekundär uppgift till kognitiv belastning använder Verwey en auditiv uppgift där försökspersonerna skulle höra en siffra och sedan addera denna siffra med tolv och uttala den nya siffran högt. Om samma resonemang, som Verwey för angående den visuella belastningen, skulle tillämpas även på den andra uppgiften skulle det innebära att den endast skulle mäta den auditiva belastningen. Denna distinktion är svår att göra då den visuella och auditiva belastningen är en del av den kognitiva belastningen. De sekundära uppgifterna är dessutom inte enbart visuella eller auditiva, utan det är andra kognitiva processer involverade när de utförs. Det är alltså troligtvis snarare så att de båda uppgifterna mäter kognitiv belastning och inte visuell och auditiv.

För att sekundära uppgifter ska kunna användas på ett tillfredsställande sätt och vara en bra metod är det viktigt att stor vikt läggs vid vilken sekundär uppgift som ska användas. Wickens (1992) menar att en fördel med metoden sekundära uppgifter är att den sekundära uppgiften kan användas till många olika primära uppgifter. Att samma sekundära uppgift används till flera olika sekundära uppgifter kan dock även ses som en nackdel. Problemet blir då att uppgifterna saknar kontext och har inte något med den primära uppgiften att göra och de flesta sekundära uppgifter som används idag verkar vara kontextoberoende. De uppnår inte ekologisk validitet och är ofta artificiella med liten relevans till den kontext de ska utföras i. Det skulle vara fördelaktigt om de sekundära uppgifterna som används är av betydelse för den primära uppgiften, och inte enbart handlar om att ha ytterligare en uppgift utan att den uppgiften har betydelse och kan inträffa i verkligheten. Det skulle troligtvis medföra att försökspersonerna blir mer positivt inställda till att utföra den sekundära uppgiften, då det är lättare att relatera till den i verkligheten.

8 Diskussion

Bilkörning är en aktivitet som kräver mycket av förarens kognitiva processer. Att navigera är en viktig del av bilkörning och även navigering är en komplex uppgift som kan skapa problem hos föraren. Därför finns det nu navigationssystem. Det är riskfyllt att implementera ett navigationssystem i en bil då bilkörning är en komplex uppgift och det är därför viktigt att det utförs studier som undersöker hur systemen kan anpassas bäst efter förarens kognitiva processer. Ett sätt att avgöra hur föraren påverkas av olika system eller av andra delar av bilkörningen är att mäta hur mycket uppmärksamheten och de kognitiva processerna belastas. Uppmärksamhet spelar stor roll inom bilkörning och då speciellt den visuella uppmärksamheten. Bilföraren måste exempelvis hålla uppmärksamheten uppe och vara beredd om något oväntat inträffar och bedöma avståndet till ett objekt som ligger framför bilen. Kognitiv belastning handlar om hur mycket uppmärksamhet som krävs för att ta ett beslut. Dessa två begrepp är alltså nära sammankopplade.

Det har visat sig av analysen att det finns en skillnad inom bilkörning och navigationssystem i att använda sekundära uppgifter som metod. Forskningen inom bilkörning verkar använda sekundära uppgifter flitigt medan forskningen inom navigationssystem inte verkar använda den lika ofta. Analysen visade att vilken metod som väljs beror på situation, frågeställning och vad som ska mätas. En potentiell anledning till att sekundära uppgifter inte används inom navigationssystem är att navigationssystemet redan ses som en sekundär uppgift. Det är dock möjligt att se på navigationssystemet som en del av bilkörningen och då skulle sekundära uppgifter även användas som metod för forskningen inom navigationssystem.

Det kan vara diskutabelt om det är möjligt att dra slutsatsen att navigationssystem inte använder sekundära uppgifter för att mäta belastning på förarens uppmärksamhet och andra kognitiva processer när endast tre artiklar stödjer detta. Det är ju inte det som slutsatsen går ut på heller, utan snarare att metoden inte använts mycket och skulle behöva användas mer. Det har gjorts specifika försök att hitta artiklar som har använt sekundära uppgifter inom navigationssystem men utan resultat. Detta skulle då kunna betyda att det är möjligt att dra slutsatsen att det finns en skillnad. Det skulle fortfarande vara för starkt att säga att det inte förekommer då det inte finns tillgång till alla artiklar inom området. Avsikten har ju aldrig heller varit att kunna påstå att det inte används alls utan snarare att det används mer sällan i jämförelse med forskningen inom bilkörning samt försöka frambringa en potentiell anledning till varför det är så. Det skulle vara fördelaktigt om forskningen inom navigationssystem använder sig av metoden sekundära uppgifter oftare då den anses vara känsligare för att upptäcka belastning.

Litteraturen som har använts i arbetet består av vetenskapliga artiklar och böcker som anses vara tillförlitliga. Litteraturen består till största del av vetenskapliga artiklar som är relativt färska. De flesta artiklar inom navigationssystem är från 1998 och det kan vara diskutabelt om det är tillräckligt färskt med tanke på att domänen är i ständig förändring. Frågeställningen handlar ju dock inte om att fastställa den nya tekniken inom navigationssystem. En annan anledning till att 1998 är ett acceptabelt år är då arbetet handlar om metoder och det är troligt att forskarna ofta replikerar studier och använder

8 Diskussion

samma metoder. Till den aktuella frågeställningen är alltså 1998 ett acceptabelt årtal, men det skulle naturligtvis vara bra med nyare artiklar. De artiklar som har använts i arbetet är de färskaste som har varit möjligt att få tag på inom den tidsbegränsning och tillgänglighet som fanns.

Något annat som kan ha påverka resultatet är vem som utfört analysen. Även om den som utför analysen är medveten om sin förförståelse och förväntningar är det dock svårt att vara objektiv. Andra personer kan se olika detaljer ur ett annat synsätt och analysera materialet på annat sätt. Subjektivitet kan i detta sammanhang snarare ses som en styrka och inte en svaghet.

8.1 Framtida studier

För att få fram ett svar på vilken metod, sekundära uppgifter eller NASA TLX, som är mest lämpad att mäta belastning på en förarens uppmärksamhet och andra kognitiva processer inom navigationssystem krävs empiriska studier. Samma frågeställning skulle då kunna besvaras genom att först använda den ena metoden och sedan använda den andra och slutligen jämföra resultaten. Om det finns tidsbrist skulle det vara möjligt att replikera en redan befintlig frågeställning som använt metoden NASA TLX. Studien skulle alltså undersöka samma frågeställning och använda sig av sekundära uppgifter och sedan jämföra resultatet med resultatet från studien som använt NASA TLX.

En frågeställning som skulle kunna besvaras genom att använda metoden sekundära uppgifter och som nämnts tidigare är frågan om vilken modalitet på ett navigationssystem som stöder förarens kognitiva processer mest. Det finns då en del problematik som är involverad i den här frågeställningen när sekundära uppgifter ska användas. Ett problem är att navigationssystemet kan ses som en sekundär uppgift redan. Det skulle kunna argumenteras att det då är möjligt att dra slutsatsen att eftersom det framkommit att bilföraren använder sitt visuella system mest skulle navigationssystemet vara av auditiv karaktär. Frågan är dock mer komplex och idag finns det inget system som enbart är auditivt och dessutom kan föraren behöva kontrollera den auditiva informationen genom den visuella som visas hela tiden. Vilken modalitet som är mest lämplig för förarens kognitiva processer är dessutom beroende på olika situationer och därför krävs specifika studier med navigationssystem för att få svar på frågan. En annan problematik när modaliteten på navigationssystemet ska avgöras med metoden sekundära uppgifter är när den sekundära uppgiften ska väljas. Människan har lättare för att dela uppmärksamheten när de båda uppgifterna kommer från olika modaliteter och inte konkurrerar om samma resurser. Om en visuell sekundär uppgift används till de båda modaliteterna på systemet skulle det kunna skapa problem. Det skulle då kunna innebära att försökspersonen visar på högre belastning när det visuella navigationssystemet används endast på grund av att modaliteten på uppgiften och systemet krockar och därmed tävlar om samma resurser. Det skulle bli samma problematik om en auditiv sekundär uppgift användes. Med anledning av detta skulle det vara att föredra att använda en sekundär uppgift som varken är auditiv eller visuell. Det skulle även vara en fördel om den sekundära uppgiften uppfyller kravet på ekologisk validitet och därmed ha betydelse för kontexten. Detta kan då medföra att försökspersonen blir mer motiverad att utföra den sekundära uppgiften och resultatet blir mer pålitligt när det går att förankra i verkligheten.

8 Diskussion

Det skulle även behövas ytterligare studier som behandlar skillnaden mellan användandet av sekundära uppgifter i samband med forskningen inom navigationssystem och bilkörning för att fastslå om det verkligen finns en skillnad. Det skulle då vara en större litteraturstudie som använder fler artiklar som stödjer detta.

Referenslista

- Aginsky, V., Harris, C., Rensink, R. & Beusmans, J. (1997) Two strategies for learning a route in a driving simulator. *Journal of Environmental Psychology*, 17, 317-331.
- Akamutsu, M., Yoshioka, M., Imacho, N., Daimon, T. & Kawashima, H. (1998) Analysis of Driving a Car With a Navigation System in an Urban Area. I: Y. I. Noy. *Ergonomics and Safety of Intelligent Driver Interfaces* (s. 85-96). New Jersey; Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Alm, H. & Nilsson, L. (1995) The Effects of a Mobile Telephone Task on Driver Behaviour in a Car Following Situation. *Accident Analysis and Prevention*, 270, 707-715.
- Alm, H., Svidén, O. & Wearn, Y. (1998) Cognitive ITS: On Cognitive Integration of ITS Functions Around the Driver's Task. I: Y. I. Noy. *Ergonomics and Safety of Intelligent Driver Interfaces* (s. 231-238). New Jersey; Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Baddeley, A. D. (1999) *Essentials of Human Memory*. East Sussex; Psychology Press Ltd
- Brouwer, W. H., Withaar, F. K., Tant, M. L. & van Zomeren, A. H. (2002) Attention and Driving in Traumatic Brain Injury: A Question of Coping with Time-Pressure. *Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 17, 1-15.
- Burnett, G. & Joyner, S. (1998) An Assessment of Moving Map and Symbol-Based Route Guidance Systems. I: Y. I. Noy. *Ergonomics and Safety of Intelligent Driver Interfaces* (s. 115-137). New Jersey; Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Burns, P. C. (1998) Wayfinding errors while driving. *Journal of Environmental Psychology*, 18, 209-217.
- Cha, D. & Park, P. (1997) User Required Information Modality and Structure of In-Vehicle Navigation System Focused on the Urban Commuter. *Computer Industrial Engineering*, 33, 517-520.
- Connelly, C. S. (1995) Toward an Understanding of DCS Control Operator Workload. *ISA Transactions*, 34, 175-184.
- Daimon, T. & Kawashima, H. (1996) New viewpoints for evaluation in-vehicle information systems: applying methods in cognitive engineering. *JSAE Review*, 17, 151-157.
- Daimon, T., Kawashima, H. & Akamutsu, M. (1998) Driver's Cognitive Process and Rote Guidance. I: Y. I. Noy. *Ergonomics and Safety of Intelligent Driver Interfaces* (s. 273-286). New Jersey; Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Dawson, C. W. (1999) *The Essence of Computing Projects: a Student's Guide*. London; Prentice Hall.

- Deco, G., Pollatos, O. & Zihl, J. (2002) The time course of selective visual attention: theory and experiments. *Vision Research*, 42, 2925-2945.
- Gale, A. G. (1993) Human Response to Visual Stimuli. I: W. R. Hendee & P. N. T. Wells. *The perception of Visual Information* (s. 115-133). New York; Springer-Verlag.
- Groeger, J. A. (2000) *Understanding driving: Applying cognitive psychology to a complex everyday task*. Philadelphia; Taylor & Francis inc.
- Hart, S. G. & Staveland, L. E. (1988) Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. I: Hancock, P. A. & Meshkati, N. (ed). *Human Mental Workload* (s. 139-183). Amsterdam; Elsevier Science Publishers B. V.
- Hoffman, J. (1998) Visual attention and eye movements. I: H. Pashler *Attention* (s. 119-153). East sussex; Psychology Press Ltd.
- Jex, H. R. (1988) Measuring Mental Workload: Problems, Progress, and Promises. I: Hancock, P. A. & Meshkati, N. (ed). *Human Mental Workload* (s. 5-39). Amsterdam; Elsevier Science Publishers B. V.
- Kimura, K., Marunaka, K. & Sugiura, S. (1998) Human Factors Considerations for Automobile Navigation Systems- Legibility, Comprehension and Voice Guidance. I: Y. I. Noy. *Ergonomics and Safety of Intelligent Driver Interfaces* (s. 153-168). New Jersey; Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Labiale, G. (1998) Cognitive Ergonomics and Intelligent Systems in the Automobile. I: Y. I. Noy. *Ergonomics and Safety of Intelligent Driver Interfaces* (s. 169-184). New Jersey; Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Lee, J. D. (1998) A Functional Description of ATIS/CVO Systems to Accomodate Driver Needs and Limits. I: Y. I. Noy. *Ergonomics and Safety of Intelligent Driver Interfaces* (s. 63-84). New Jersey; Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Lenné, M. G., Triggs, T. J. & Redman, J. R. (1997) Time of Day Variations in Driving Performance. *Accident Analysis and Prevention*, 29, 431-437.
- Mollenhauer, M. A., Hulse, M. C., Dingus, T. A., Jahns, S. K. & Carney, C. (1998) Design Decision Aids and Human Factors Guidelines for ATIS Displays. I: Y. I. Noy. *Ergonomics and Safety of Intelligent Driver Interfaces* (s. 23-62). New Jersey; Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Monk, C. A., Moyer, M. J., Hankey, J. M., Dingus, T. A., Hanowski, R. J., Wierwille, W. W. & Walter W. (2000) Design Evaluation and Model of Attention Demand (DEMAND): A Tool for In-Vehicle Information System Designers. *Public Roads*, 64, 10-14.
- Moss, S. A. & Triggs, T. J. (1998) Attention Switching Time: A Comparison Between Young and Experienced Drivers. I: Y. I. Noy. *Ergonomics and Safety of Intelligent Driver Interfaces* (s. 381-392). New Jersey; Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

- Pashler, H. (ed) (1998) *Attention*. East Sussex; Psychology Press Ltd.
- Pashler, H. & Johnston, J. C. (1998) Attentional limitations in dual-task performance . I: H. Pashler *Attention (s. 155-189)*. East Sussex; Psychology Press Ltd.
- Ross, T. & Burnett, G. (2001) Evaluating the human-machine interface to vehicle navigation systems as an example of ubiquitous computing. *International Journal of Human-Computer Studies*, 55, 661-674.
- Sauer, J. (2000) Prospective memory: a secondary task with promise. *Applied Ergonomics*, 31, 131-137.
- Srinivasan, R. & Jovanis, P. P. (1998) Effect of In-Vehicle Route Guidance Systems on Driver Workload and Choice Vehicle Speed: Findings From a Driving Simulator Experiment. I: Y. I. Noy. *Ergonomics and Safety of Intelligent Driver Interfaces (s. 97-114)*. New Jersey; Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Stanton, N. A., Young, M. & McCaulder, B. (1997) Drive-by-Wire: the Case of Driver Workload and Reclaiming Control with Adaptive Cruise Control. *Safety Science*, 27, 149-159.
- Styles, E. A. (1997) *The psychology of attention*. East Sussex; Psychology Press Ltd.
- Verwey, W. B. (2000) On-Line Driver Workload Estimation. Effects of Road Situation and Age on Secondary Task Measures. *Ergonomics*, 43, 187-210.
- Wickens, C. D. (1992) *Engineering Psychology and Human Performance*. New York; HarperCollins Publishers Inc.
- Wolfe, J. (1998) Visual search. I: R. D. Wright. *Visual attention (s. 13-73)*. New York; Oxford University Press, Inc.
- Zaidel, D. M. & Noy, Y. I. (1998) Automatic Versus Interactive Vehicle Navigation Aids. I: Y. I. Noy. *Ergonomics and Safety of Intelligent Driver Interfaces (s.287-307)*. New Jersey; Lawrence Erlbaum Associates, Inc.