

ARBETSRAPPORT

FRÅN SKOGFORSK NR 627 2006



Olika faktorer som påverkar studier i en skogsmaskinsimulator – en litteraturstudie

Björn Löfgren, Skogforsk & Kjell Olsson, Linköpings Tekniska Högskola

Ämnesord: Simulatorsjuka, skogsmaskinsimulator.

SKOGFORSK

– Stiftelsen skogsbrukets forskningsinstitut

arbetar för ett lönsamt, uthålligt mångbruk av skogen. Bakom Skogforsk står skogsföretagen, skogsägareföreningarna, stiften, gods, skogsmaskinföretagare, allmänningar m.fl. som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

FORSKNING OCH UTVECKLING

Två forskningsområden:

- Skogsproduktion
- Virkesförsörjning

UPPDRAG

Vi utför i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter. Det kan gälla utredningar eller anpassning av utarbetade metoder och rutiner.

KUNSKAPSFÖRMEDLING

För en effektiv spridning av resultaten används flera olika kanaler: personliga kontakter, webb och interaktiva verktyg, konferenser, media samt egen förlagsverksamhet med produktion av trycksaker och filmer.

Innehåll

Sammanfattning	2
Inledning	2
Simulatorn som forskningsverktyg	3
Kontrollerade studier	3
Fysiska begränsningar	4
Realism	4
Scenario	4
Förare.....	5
Simulatorsjuka	5
Teorier om simulatorsjuka	6
Signalkonflikter	6
Förgiftningsteorin	7
Tillståndssjuka	7
Konsekvenser av simulatorsjuka	7
Det visuella och vestibulära systemet	8
Det visuella systemet.....	8
Synen har flest sinnesceller.....	8
Stavar och tappar är ljuskänsliga	9
Centralt kontra perifert seende	10
Optiskt flöde.....	10
Djupseende	11
Optokinetiska reflexer.....	13
Det vestibulära systemet.....	13
Hörsel- och balanssinnet	13
Vestibulära – okulära reflexer	14
Upplevd självrörelse	15
Påverkan av simulatorfaktorer på simulatorsjuka.....	15
Simulatorns Blickfält	16
Distortion i rutor och backspeglar	16
Skärmens flimmer.....	16
SKärmens Upplösning.....	16
Skärmens Uppdateringsfrekvens.....	17
Datorns uppdateringsfrekvens	17
Rörelseplattform	17
Kalibrering	18
Signalfördröjning	18
OmgivningsförhållandeN.....	18
Simulatoranpassning.....	18
Anpassning till simulator	18
Stereoseendets påverkan på simulatorsjuka.....	19
Aktiv stereo.....	19
Passiv stereo	19
Skogforsks simulator	20
Simulatorns Blickfält	22
Skärmens flimmer.....	22
SKärmens Upplösning.....	22
Skärmens Uppdateringsfrekvens.....	23
Datorns uppdateringsfrekvens	23
Rörelseplattform	23
Kalibrering	23
OmgivningsförhållandeN.....	23
Passiv stereo	23
Scener i simulatorn	23
Slutsats	24
Referenser	24
Internet.....	25

Sammanfattning

Skogforsk har med stöd av Nils och Dorthi Troëdssons Forskningsfond införskaffat en skogsmaskinsimulator och byggt ett lab, Troëdsson Forest Technology Lab, vilken öppnar nya möjligheter att studera konsekvenser av ändringar i maskin- och komponentuppbyggnad eller styrning av olika funktioner utan att maskinen måste byggas eller byggas om fysiskt. På så vis når man snabbare fram till de koncept som kan utvecklas till prototyper för att senare kunna gå i produktion. Eftersom simulatoren är en animerad bild av verkligheten en s.k. virtuell verklighet (virtual reality, VR) uppstår problem kring hur människan påverkas i denna miljö och hur resultaten ska tolkas, så kallade VR-inducerade symptom och effekter. För att få en uppfattning hur olika faktorer påverkar människan gjordes en litteraturstudie.

I litteraturen rapporteras det om simulatorsjuka eller illamående i samband med användning av simulatorer under lång tid. Simulatorsjuka kan resultera i ett flertal olika symptom som överansträngning av ögonen, illamående, sömnlighet, generellt obehag, blekhet, huvudvärk, desorientering, trötthet och oförmåga att jobba.

Den främsta orsaken till simulatorsjuka är någonting som i litteraturen kallas signalkonflikter. Det är konflikter mellan olika sinnen, framför allt seendet och balansorganen. Simulatorsjuka uppstår då ögat ser en rörelse men balansorganet inte upplever samma rörelse. Denna konflikt leder till illamående. Det finns ett antal fler faktorer angående simulatorns hårdvara som kan orsaka simulatorsjuka: simulatorns blickfält, skärmens flimmer, skärmens upplösning, datorns uppdateringsfrekvens, skärmens uppdateringsfrekvens, skärm, kalibrering, tröghet i simulatoren, simulatorns omgivning, rörelsesignaler, synliga fordonsreferenser och synlig bakgrund.

I Skogforsks simulator kan risken för simulatorsjuka inte helt elimineras utan man måste ha med det i beräkningarna vid studier. Det troligtvis bästa man kan göra är att låta testförarna öva ett antal gånger innan själva studien genomförs. Simulatorns hårdvara är dock så pass bra att flera av de faktorer som kan påverka föraren kan elimineras.

Inledning

I och med den ökade användningen av skogssimulatorer i utbildningen av nya maskinförare och högre prestanda hos simulatorerna har intresset ökat för att även kunna använda skogsmaskinsimulatorer inom forskning och utveckling. Skogforsk har med stöd av Nils och Dorthi Troëdssons Forskningsfond införskaffat en skogsmaskinsimulator och byggt ett lab, Troëdsson Forest Technology Lab, vilken öppnar nya möjligheter att studera konsekvenser av ändringar i maskin- och komponentuppbyggnad eller styrning av olika funktioner utan att maskinen måste byggas eller byggas om fysiskt. På så vis når man snabbare fram till de koncept som kan utvecklas till prototyper för att senare kunna gå i produktion. Inför lanseringen av en ny teknik, metod eller prototyp ställs vanligen frågan ”Hur mycket kan skogsbruket tjäna/spara på detta?”. Simulerings-tekniken ger Skogforsk en möjlighet att kvantifiera nyttan av nya koncept som ännu inte finns tillgängliga.

De resultat som kommer fram vid studier i en skogsmaskinsimulator genererar ofta en del nya frågeställningar. Eftersom simulatören är en animerad bild av verkligheten en s.k. virtuell verklighet (virtual reality, VR), uppstår problem kring hur människan påverkas i denna miljö och hur resultaten ska tolkas, de så kallade VR-inducerade symptomen och effekterna. I den vetenskapliga litteraturen finns en hel del beskrivet om problematiken kring studier i simulator och de problem som kan uppstå i en virtuell verklighet.

Genom den snabba utvecklingen av kraftfulla persondatorer har användningen av simulatorer ökat kraftigt under de senaste 10 åren inom t.ex. medicin, konstruktion, utbildning, träning, finanssektorn och underhållning. I och med denna snabba utveckling har mycket forskning genomförts inom VR-inducerade sjukdomar.

Syftet med denna litteraturstudie har varit att närmare ta reda på vilka faktorer påverkar människan i en virtuell verklighet och vid studier i simulatormiljö.

Simulatoren som forskningsverktyg

KONTROLLERADE STUDIER

Att kunna göra kontrollerade studier är kanske den största tillgången vid forskning med simulator. Många yttre faktorer som påverkar studier i fält kan minimeras eller undvikas helt. För skogsmaskinsimulatören handlar det om att man tar bort faktorer som t.ex. väder, vind, terräng och beståndsvariationer. Det innebär att man kan upprepa testerna om och om igen och endast variera de mest intressanta parametrarna en i taget. Genom att hålla de yttre parametrarna konstanta har man möjlighet att studera endast de faktorer man önskar.

Simulatorstudier är generellt effektivare än fältstudier. Studierna kräver färre förare som en konsekvens av ovanstående resonemang. När man gör upprepade tester i simulatören kan man få identiska förhållanden för alla testförare, vilket gör att det krävs färre antal testförare för att uppnå samma statistiska säkerhet som vid tester i fält. Detta har studerats i bilsimulatorer (Nilsson, 1993).

Genom att använda samma försökspersoner i olika experimentbetingelser och kontrollbetingelser, kan antalet nödvändiga försökspersoner i ett experiment reduceras ytterligare.

Oftast är det svårt att kunna genomföra jämförande studier vid olika bestånds-förhållanden eftersom det är svårt att hitta jämförbara bestånd. Det är ofta som de olika bestånden ligger långt ifrån varandra, vilket också bidrar till den ökade svårigheten att göra jämförande studier. I simulatören är det däremot enkelt att byta scenario (bestånd).

En annan faktor är säkerheten. Man kan testa nya koncept eller testa nya metoder utan att skada vare sig maskin eller förare. Simulatören ger oss också möjlighet att utvärdera oförsiktiga automatiska funktioner eftersom man inte kan skada någon eller någonting. På samma sätt kan nya koncept utvärderas.

Det är enklare att erhålla data från tester i simulatoren än från tester i fält. Visserligen går det att få ut data från tester i fält men det är mycket mer komplicerat och data är inte alltid tillförlitliga. Det gäller framför allt förarens beteende.

FYSISKA BEGRÄNSNINGAR

En simulator med en plattform som inte rör sig har svårt att återge vibrationer som uppstår vid kranarbete och terrängkörning. Därför finns det begränsningar för normalt arbete innan det upplevs alltför orealistiskt. En annan faktor är att snabba rörelser med spakar inte matchar rörelserna på kran i simulatoren, vilket kan bidra till simulatorsjuka.

När föraren t.ex. kör i terräng samtidigt som vibrationer och lutningar saknas kan detta medföra att föraren kör fort och att han inte stannar på det ställe som han avsett. Normalt förekommer det fördröjningar i skogsmaskinens system t.ex. i hydrauliken och det är då viktigt att sådana fördröjningar finns med i simulatoren. Därför är det viktigt att de förare som ska genomföra tester får öva sig på simulatoren så att de lär sig simulatorns begränsningar i olika avseenden.

REALISM

Att återge en fullständig representation av verkligheten i simulatoren är svårt eller omöjligt att uppnå men oftast inte nödvändigt. Att återge terräng och bestånd exakt kräver mycket indata samt att det kräver hög datorkapacitet för att det inte ska bli överbelastning i datorn som medför fördröjningar i scenarierna. Det har visat sig i studier att man inte behöver ha en fullständig realism i simulatoren för att få fram tillförlitliga resultat (Alm, m.fl., 2006; Nilsson, 1993; Nählinder 2006). Beroende på forskningsfrågeställningarna, kan även en s.k. low-fidelity simulator (PC-baserad bordssimulator) ge tillförlitliga och valida data, samtidigt som den mest avancerade fullskalesimulatoren med ett avancerat rörelsesystem inte nödvändigtvis alltid utgör en valid testgrund.

Test av innovativa designlösningar sker inte alltid bäst i en fullskalesimulator och med erfarna förare som testpersoner. De bemästrar bäst den nuvarande teknologin och kan många gånger tycka att nya lösningar är sämre, trots att de i många objektiva avseenden kanske är överlägsna. Därför kan nya designlösningar med fördel först testas på nybörjare med ringa erfarenhet. Naturligtvis bör dessa lösningar även testas på de mest erfarna förarna.

SCENARIO

Scenarier som används i den simulerade miljön skall så långt som möjligt likna den som förarna möter till vardags. Även de uppgifter som åläggs förarna skall vara så anpassade som möjligt. Helst bör man undvika artificiella uppgifter.

Beträffande simulatorsjuka (se nedan) påverkas den bl.a. av vilka scenarier som används. Nilsson (1993) fann samband mellan simulatorsjuka och snabba manövrar, samt snabba accelerationer. I övrigt observerades inga problem.

FÖRARE

Erfarna förare av bilar och flygplan upplever i allmänhet mer simulatorsjuka (se nedan) än oerfarna föraren på grund av att man förväntar sig att vissa krafter eller händelser ska ske som inte inträffar i simulatören. Däremot har man inte funnit något samband mellan simulatorsjuka och körning i stridsvagnssimulator. Troligtvis har detta att göra med att rörelserna i en stridsvagnssimulator är långsammare än i en bil- respektive flygsimulator. Förare med vana av simulatorer får inte samma upplevelse av simulatorsjuka. Människor som mer känsliga för rörelsesjuka har lättare för att uppleva simulatorsjuka än andra. Kvinnor har visat sig mer mottagliga för simulatorsjuka. Orsakerna uppges vara alltifrån hormonella effekter under menstruation och graviditet till att de har ett större synfält än män.

Simulatorsjuka

En viktig begränsning i simulatorer, som framför allt har visat sig i flygsimulatorer är simulatorsjuka. I litteraturen har det rapporterats om simulatorsjuka eller illamående i samband med användning av simulatorer under lång tid. Casali (1996) har funnit litteratur som handlar om simulatorsjuka från så tidigt som 1957 (Havron & Butler), vilket uppstod i en helikoptersimulator. I början betraktades detta fenomen som rörelsesjuka eller som helkroppsvibrationer vid låga frekvenser. Både rörelsesjuka och simulatorsjuka kan resultera i ett flertal olika symptom som överansträngning av ögonen, illamående, sömnhet, generellt obehag, blekhet, huvudvärk, desorientering, trötthet och oförmåga att jobba. Kräkning är däremot sällsynt.

Simulatorsjuka är inte detsamma som rörelsesjuka t.ex. sjösjuka även om det i många sammanhang beskrivs som så (Nilsson, 1993). Rörelser är grundläggande för rörelsesjuka medan simulatorsjuka kan uppstå utan rörelser i simulatorplattformen. Simulatorsjuka tenderar att vara mindre kraftig och förekommer mer sällan. Därför är det kanske nödvändigt att göra en distinktion mellan simulatorsjuka och rörelsesjuka då det inte bara är själva rörelsen som orsakar sjuka. Det har visat sig att den visuella projektionen (processen), såsom upplevd rörelse eller vection (visuellt inducerad perception av självrörelse) kan också vara bidragande faktorer till simulatorsjuka (Kennedy, m.fl., 1988). Simulatorsjuka har många komplexa bidragande orsaker som i sin tur manifesterar sig i många olika symptom. En beskrivning av många faktorer kan man finna i Kolasinski (1995). Tendensen till förvärrad simulatorsjuka finns om blickfältet utökas till att omfatta de mest perifera delarna av synfältet. Ett sätt att undvika simulatorsjuka är att reducera blickfältet till ca 100–110 grader. Simulatorsjuka kan också reduceras om synintrycken minimeras, som t.ex. mörkerkörning. Många äldre förare ser t.ex. väsentligt sämre på grund av sämre mörkerseende (nattmyopi).

Konsekvenserna av simulatorsjuka på själva studierna kan vara allvarliga om man inte tar hänsyn till detta (Casali, 1986). Simulatorsjuka påverkar studierna i simulatören på många olika sätt och framför allt förarens prestation negativt. Några andra orsaker kan vara oriktigt handhavande, att man tappar motivationen, undviker uppgifter som är irriterande, avvikelser från verkliga upplevelser och att någonting inte stämmer.

Simulatorsjuka uppstår vanligtvis i början när man använder simulatören speciellt då man har ett stort optiskt flöde och kan även kvarstå upp till sex timmar efter simulatoranvändningen (Godley, m.fl.1999). Detta är dock mycket ovanligt. För de flesta upphör obehagskänslorna omedelbart om de blundar. När det gäller rörelsesjuka brukar det oftast vara tvärt om, d.v.s. obehagskänslorna ökar om man blundar. Det har visat sig att i en simulator på en rörelseplattform drabbas 17 % av allvarliga symptom. Denna procentsats ökar marginellt för s.k. fixed – based simulatorer. Med andra ord utgör rörelsen i sig ingen garanti för att simulatorsjukan försvinner. En dålig synkronisering mellan det visuella presentationssystemet och rörelsesystemet kan i stället ge upphov till allvarliga simulatorsjukesymptom. Detta kan i vissa fall leda till att man stänger av rörelsesystemet (Drexler, Kennedy & Compton, 2004). Simulatorsjuka är flersymptomatisk, där några drabbas av alla symptom, medan några endast visar några få. Det finns enskilda symptom som dominerar hos de drabbade även om yrsel och överansträngning av ögonen tenn är dominerar hos en majoritet av de drabbade.

TEORIER OM SIMULATORSJUKA

Det finns ett antal olika teorier som förklarar orsaken till simulatorsjuka. De tre mest framträdande teorierna är signalkonfliktsteorin, förgiftningsteorin och eftersjuka (Mollenhauer, 2004) beskrivs nedan.

SIGNALKONFLIKTER

Den mest förekommande teorin gällande simulatorsjuka är den som handlar om signalkonflikter (cue conflicts). Den beskriver skillnader mellan olika sinnen eller inom ett sinne. Det finns ett antal konflikter som kan uppstå men det är primärt två sinnen som är involverade, seendet och innerörats balanssinne (vestibularisapparaten). Till exempel i en simulator med fast plattform uppstår det signalkonflikter när seendet uppfattar en rörelse medan balanssinnet inte gör det eller om man har en rörlig plattform uppstår det signalkonflikter när den visuella rörelsen inte stämmer helt överens med rörelserna av de kristaller som finns i vestibularisapparatens otholitorgan, vilka ger information om riktning, orientering i förhållande till underlaget och balans.

Det finns ett samband mellan erfarenhetsnivån av den verkliga världens uppgifter och simulatorsjuka när man utför samma uppgift i den virtuella världen (McCauley & Sharkey, 1992). Detta stöder signalkonfliktsteorin eftersom en van förare förväntar sig, medvetet eller omedvetet, olika återkopplingar från sitt arbete som inte han får i simulatören.

Grundläggande för att kunna uppleva simulatorsjuka är att man har ett fungerande balanssinne. Man har gjort flera försök för att eliminera simulatorsjuka genom att införa accelerationer till simulatören men det har inte alltid hjälpt. Vissa rapporter visar på att det har hjälpt (Casali, 1986; Curry m.fl., 2002) medan andra fall har man inte urskilja någon skillnad (Sharkey & McCauley, 1992; Kennedy m.fl., 1993). Alltför snabba accelerationer kan förvärra simulatorsjukesymptomen.

Även om signalkonfliktsteorin är den mest accepterade teorin så finns det ingen tillförlitlig formel som baserar sig på olika signaler som kan förklara vilken situation som ger simulatorsjuka eller inte. Det finns några begränsningar (Mollenhauer, 2004) som inte stöder signalkonfliktsteorin som t.ex. att det saknas redundans. Men i en verklig situation finns det inte alltid redundans, och ändå blir vi inte sjuka. Så bristande redundans kan inte vara någon viktig faktor i simulatorsjuka. Det finns heller ingen förklaring till varför simulatorsjuka uppstår i början vid användningen av en simulator och att den avtar med ökad användning.

Även om signalkonfliktsteorin inte stöder alla möjliga experimentdata så är det den mest accepterade teorin som kan förklara simulatorsjuka.

FÖRGIFTNINGSTEORIN

Förgiftningsteorin försöker beskriva simulatorsjuka ur ett evolutionärt angreppssätt (Treisman, 1977). Teorin bygger på att de signaler som uppkommer i en simulator och som man upplever som suddig bild, instabilitet, brist på koppling mellan olika sensorer bidrar till förgiftningssymptom (Mollenhauer, 2004). Kroppens respons mot förgiftning är att man kräks för att tömma magen. Det är omöjligt att förutsäga hur snabbt man kan framkalla en sådan reaktion. Det finns inte heller någon förklaring till varför några blir mer sjuka än andra. På grund av dessa begränsningar är inte denna teori speciellt tillämplig.

TILLSTÄNDSSJUKA

Tillståndssjuka utvecklades som ett alternativ till signalkonfliktsteorin. Teorin bygger på ett antagande att människans sensorsystem försöker hålla ett och samma tillstånd (La Viola, 2000). Grunden i teorin bygger på att om omgivningen förändras, t.ex. marken är hal, så anpassar vi vårt beteende efter det. Om omgivningen förändras för snabbt och oväntat så finns inte strategierna i regelsystemet eller att det inte är tillräckligt snabbt för att anpassa sig. Tillståndssjuka bör ge upphov till likartade eller till och med förvärrade symptom över tid, vilket motsägs av anpassningseffekter över tid.

KONSEKVENSER AV SIMULATORSJUKA

Om man tar hänsyn till ovanstående faktorer minskar man sannolikheten för simulatorsjuka, men man kan troligtvis inte eliminera den helt. Det är därför viktigt att man tar hänsyn till simulatorsjuka när man genomför tester.

Vid ett jämförande experiment är det viktigt att ha ett stort antal försökspersoner helst fler än det man tänkt därför att det en del testpersoner avslutar försöken innan de är klara på grund av simulatorsjuka. De flesta som drabbas av simulatorsjuka kan identifieras på förhand via ett frågeformulär och absolut efter några minuters vistelse i den dynamiska simulatormiljön, med en lämplig arbetsuppgift. Ytterligare en orsak till att inte fortsätta att vara med i testerna kan vara att man känner rörelsesjuka först efter testerna. Det finns också den möjligheten att testpersonerna känner av simulatorsjuka, men att de trots allt vill fortsätta att vara med i testerna, vilket påverkar resultaten av två skäl. För det första kan simulatorsjuka distrahera föraren och därmed medföra brister i koncentrationen gällande arbetsuppgiften och för det andra kan föraren

anpassa sig till simulatören och därmed lindra simulatorsjukan. Kvarstående symptom kan dock i förekommande fall påverka resultaten på s.k. eftertester/-kompletterande datainsamling och i synnerhet när det gäller kvalitativa omdömen om simulatören och förelagda arbetsuppgifter.

Det är mycket som talar för att de varierande symptomen på simulatorsjuka kan hänföras till den tekniska utformningen av simulatören och dess specifika parametrar (Drexler, m.fl., 2004). För att fastställa de mer specifika symptomen har ett frågebatteri utformats av Kennedy, m.fl., 1993). Detta frågebatteri går igenom ett stort antal symptom, som kan hänföras till *Nausea*, d.v.s. illamående till följd av t.ex. uppblåsthet, rapningar, ökad salivering och i värsta fall kräkningar; *Occulomotor*, d.v.s. ögonrelaterade störningar såsom, överansträngning, fokuseringssvårigheter, suddighet och huvudvärk; *Desorientering* såsom yrsel och illamående till följd av störningar i det vestibulära systemet.

Det visuella och vestibulära systemet

Enligt ovan är de okulära och vestibulära systemen d.v.s. synen och balanssinnet, primära faktorer som bäst beskriver vad som händer vid simulatorsjuka. Nedan beskrivs de faktorer som är relevanta. Det mesta som beskrivs är hämtat från Goldstein (1989).

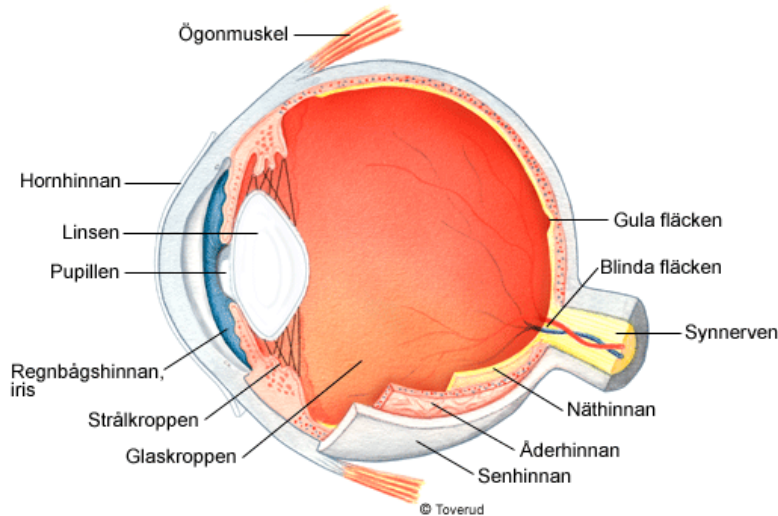
DET VISUELLA SYSTEMET

Seendet är ett komplext system och kommer inte att behandlas i detta dokument utan de som är mer intresserade av detta kan läsa Gibson (1969) eller Goldstein (1989). Här behandlas enbart de faktorer som har betydelse för seendet i samband med simulatorer.

Synen har flest sinnesceller

Nästan tre fjärdedelar, eller 130 miljoner, av kroppens sinnesceller finns i ögonen (www.infomedia.se).

Ljus består egentligen av elektromagnetiska vågor. Ögat kan bara uppfatta ljus av vissa våglängder, s.k. synligt ljus. Ljuset som träffar näthinnan omvandlas till nervimpulser, som når hjärnans syncentrum genom de båda synnerverna, den andra hjärnnerven. Hjärnan tolkar informationen som tredimensionella bilder. Ljus med olika våglängder uppfattas som olika färger.

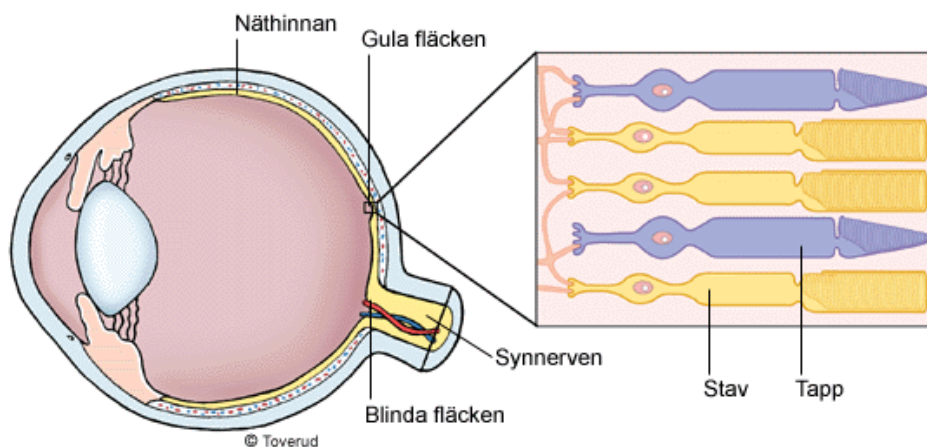


Figur 1.
I bakre delen av ögat finns näthinnan. www.infomedica.se

Stavar och tappar är ljuskänsliga

I näthinnan finns ljuskänsliga mottagare, fotoreceptorer, som kallas stavar och tappar. Stavarna är mest ljuskänsliga. De används när man ska se i mörker, men de kan inte skilja mellan olika färger.

Tapparna är mest färgkänsliga och används när belysningen är bra. Det finns tre olika sorters tappar, och de är mest känsliga för blått, grönt och rött. Färgblindhet orsakas oftast av brist på antingen gröna eller röda tappar. De flesta tappar ligger i en central del av näthinnan som kallas gula fläcken. Stavarna ligger i näthinnans utkanter.



Figur 3.
Stavarna och tapparna i näthinnan är ljuskänsliga. www.infomedia.se

Centralt kontra perifert seende

Gula fläcken (tapparna) refereras i litteraturen till centralt seende medan stavarna som ligger i utkanten mer används för upptäcka objekt i rörelse och samtidigt vara en del i perceptionen av självrörelser och kallas för perifert seende (Leibowitz, 1986).

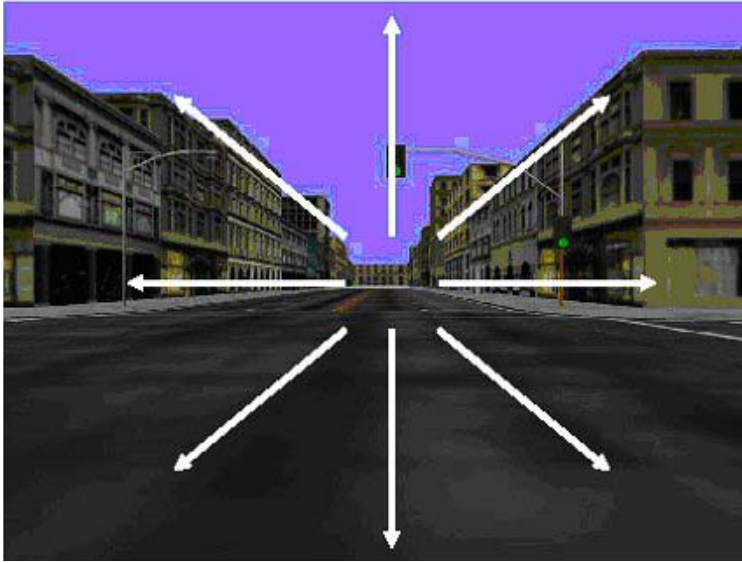
Det centrala seendet kallas det område som blicken är fokuserad på, plus – minus två vinkelgrader, vilket utgör en mycket liten del av vårt synfält. Resten brukar betecknas perifert seende. Det centrala eller fokala seendet är bra på att vidmakthålla en god respons, vilket betyder att receptorerna reagerar så fort de stimuleras. Eftersom tapparna reagerar så fort någon form av stimuli passerar är den gula fläcken bra för att se detaljer samtidigt som stimuli måste vara still tillräckligt länge för att kunna bearbeta informationen. Detta stämmer väl överens med hur ögat rör sig när vi ser på föremål. Ögats rörelser består av saccade, sakta följande, vestibulär – okulär reflex, optokinetisk reflex och vergenser (konvergens och divergens). Alla dessa ögonrörelser har att göra med själva stabiliseringen av bilden i det centrala seendet. Den vestibulära – okulära reflexen och optokinetisk reflexen är av störst intresse när det gäller effekter i en virtuell omgivning och sambandet med simulatorsjuka. Men även de saccadiska rörelserna (som består antingen av en snabb orienteringsrörelse mot något snabbt uppdykande stimuli, eller en medveten blickförändring, t.ex. vid läsning, samt en mer slumpmässig rörelse som är mindre oförutsägbar) kan ge upphov till illamående om de av något skäl är förvrängda (t.ex. av alkoholinlag). En individs saccadiska avsökningsmönster är tämligen unikt och kan lätt förändras vid stress, sömnbrist eller drogbruk.

Perifert seende används för att uppfatta rörelser. Stavarna som ligger i utkanten av den gula fläcken är bättre på att se händelser med kort varaktighet och reagerar när en sådan uppstår. Därför är det perifera seendet bättre på att upptäcka föremål i rörelse och se hur objektet är orienterat i rummet. Förändringar i rörelser antas ge återkoppling till de delar av hjärnan som bearbetar kroppsställningen, balansen och självrörelser. Förändringar i föremålets placering i det perifera seendet över tiden ger information om hur en individ rör sig i sin omgivning. En av huvudeffekterna i detta fenomen kallas optiskt flöde.

I praktiken har det perifera seendet begränsad betydelse som informationsinhämtare i en fordonssimulator. Perceptionen är enligt en av de mest ryktbara perceptionsforskarna, James Gibson, en aktiv avsökande process och inte någon statisk informationsintagning (Gibson, 1969). Detta gör att personer med kraftigt reducerat synfält kan framföra på ett trafiksäkert sätt. Dessa personer kan kompensera sitt sensoriska bortfall med mer frekventa huvud- och ögonrörelser.

Optiskt flöde

Optiskt flöde skapas av föremåls rörelser i den optiska yta som uppstår då en individ rör sig i dess omgivning (Goldstein, 1989). Ett exempel på ett sådant flöde är när man kör en bil och fäster blicken i körriktningen. Alla föremål i synfältet ser ut att röra sig från centrum ut mot periferin, se figur 4.



Figur 4.
Exempel på optiskt flöde. Mollenhauer, 2004.

Denna punkt som det optiska flödet utgår ifrån kallas ”point of expansion” (POE). Det optiska flödet ger också information om hastigheten relativt omgivningen. Ju snabbare föremålen rör sig utefter flödeslinjerna desto snabbare upplever individen deras rörelse. Människans perception av optiskt flöde tycks vara ganska känsligt och uppstår ofta omedvetet. Ett jämt och skiktat flöde av streck, linjer, punkter eller något liknande i det perifera seendet kan motverka desorienteringen och illamående i en simulator, i synnerhet om det är synkroniserat med det egna fordonets upplevda hastighet.

Djupseende

Människans förmåga att se djup kommer från ett antal olika källor, som t.ex. ledtrådar från ögonrörelser, från bilden, från rörelser och skillnaden mellan vad respektive öga uppfattar, så kallad retinal disparitet.

Ögats rörelser innefattar konvergens och ackommodationsförmåga. Konvergens ser till att alltid fokusera på föremålet oberoende av avstånd. Förändras avståndet närmare mot ögat så måste man arbeta mer med musklerna för att kunna fokusera. Ackommodationsförmågan är när musklerna, som rör linsen, försöker fokusera föremålet på gula fläcken. Detta uppstår normalt vid ett avstånd på 1,5 – 3,0 meter.

Ledtrådar från bilden innefattar bl.a. storleken av bilden på näthinnan, inbördes placering, höjddpositionen i synfältet, atmosfäriskt perspektiv och linjärt perspektiv. Storleken av föremålet på näthinnan kan hjälpa oss att bestämma storleken och i allmänhet tolkas föremålet närmare om föremålet är större. Samtidigt har vi en erfarenhetsbank som säger att ett föremål, som är känt och man vet storleken på, är närmare ju större det är.

Förskjutning är en enkel men ändå en tvingande form av signal. Om man har två föremål där ena står framför och delvis täcker det andra föremålet så upplever man att det skynda föremålet står längre bort.

Höjdpositionen i synfältet ger också information om djupet. Om man antar att horisonten ligger i mitten av vårt vertikala synfält kommer föremål som befinner sig lägre än horisonten att befinna sig närmare betraktaren medan föremål som befinner sig ovanför horisonten befinner sig längre bort. Horisonten i sig kan också ge en fingervisning om avstånd till föremål.

Ett atmosfäriskt perspektiv utgör en ledtråd som innebär att ett föremål som befinner sig närmare är skarpare än ett föremål längre bort på grund av mindre interferens från damm, fukt och andra partiklar. Ju närmare föremålet är desto tydligare kan man se strukturen på föremålet och skärpan.

Ett linjärt perspektiv är en ledtråd som när linjer ligger parallella med varandra konvergerar ju längre bort från betraktaren man kommer. Ett typiskt exempel är linjemarkeringar på vägar. Med hjälp av linjerna kan man öka djupseendet och därmed enklare kunna bedöma avståndet till föremålet.

Rörelsebaserade ledtrådar inkluderar rörelseparallaxer, tillskott och radering. Ett föremål som befinner sig långt borta ser ut att röra sig saktare när man rör sig i betraktarens riktning och på samma sätt rör sig föremål närmare betraktaren fortare. Den upplevda vinkelhastigheten är omvänt proportionell mot avståndet från betraktaren. Tillskott och radering är kopplad till parallaxrörelser och inbördes placering av föremål. Ett föremål upplevs närmare om det ena föremålet täcker det andra föremålet.

Skillnaden mellan vad respektive öga uppfattar är kanske den viktigaste signalen för att kunna bedöma djupseende. Ögonen ser på ett föremål på olika sätt eftersom ögonen har ett avstånd mellan sig. Hjärnan kombinerar dessa två bilder i en bild och man får då en stark upplevelse av djup. Det är på detta sätt som man åstadkommer stereoseende i en simulator.

Även skuggor och t.ex. skrafferingar, parallella linjer som antyder skugga, i en bild kan utgöra effektiva djupledtrådar.

Färger kan också säga något om djup och avstånd i en bild. De flesta har upplevt en skog på nära håll som mörkgrön, men att denna djupgröna färg mattas av med ökat avstånd för att så småningom övergå till en blåtonad skog. På mycket långt håll uppfattas samma skog som ljusblå. Detta är ett atmosfäriskt fenomen. Mättade färgade ytor kan upplevas som närmare än mindre mättade ytor. Om man i melerade ytor eller mosaiker kan urskilja enstaka färger uppfattas som liggande närmare än de fall man inte kan urskilja enstaka färger, som på längre avstånd tenderar att "smälta ihop".

Vid ett avstånd på ca 25–30 meter avtar vår förmåga att uppfatta djup (stereoseendet) dramatiskt, vilket gör att man i högre hastigheter, när blicken är fokuserad på vägbanan långt borta inte har så stor nytta av stereoseendet.

Optokinetiska reflexer

Optokinetisk reflex är en av flera ögonrörelser som har till funktion att identifiera föremål i en bild och att positionera föremålet på gula fläcken samt sedan hålla föremålet stilla där. Den optokinetiska reflexen arbetar på så sätt att om ett föremål rör sig på gula fläcken så kompenseras detta genom en ögonrörelse för att eliminera rörelsen. Det finns ytterligare en rörelseflex som uppstår när man rör på huvudet. Den reflexen kallas den vestibulära – okulära reflexen och de fungerar oberoende av varandra för att kunna få en stabil bild på näthinnan.

Sammanfattningsvis kan man säga att all visuell perception är beroende av rörelser av olika slag, alltifrån de små oscillerande ögonrörelserna (nystagmus) som inte är iakttagbara med blotta ögat, som är fundamentala för att överhuvudtaget uppfatta omgivningen, till medvetna ögonrörelser och mera reflexmässiga orienteringsrörelser framlockade av stimuli i omgivningen. Förändringar i det optiska flödet som träffar näthinnans centrala delar utgör grunden för en effektiv perception av vår omgivning.

DET VESTIBULÄRA SYSTEMET

Förklaringen av hur örat fungerar är hämtat från www.infomedica.se & Mollenhauer, 2004. Denna beskrivning s.k. baseras på platsteori. Alternativa teorier är t.ex. en temporal teori, där tiden när ljudvågen når speciella hårceller utnyttjas för en temporal analys för tonhöjdsbestämning. Ytterligare en teoretisk förklaringsmodell utgörs av den vandrande vågen (Volley – teorin).

Hörsel- och balanssinnet

Tack vare hörsel- och balanssinnet får man viktig information om omvärlden. Hörseln gör även att man kan kommunicera med andra och den är också nödvändig för att man ska kunna lära sig tala. Eftersom man har två öron kan man även avgöra från vilket håll ljudet kommer. Hörseln är det sinne som utvecklas tidigast hos fostret. Redan vid sex månader kan ett foster reagera på ljud.

Sinnesceller i innerörat registrerar hörsel- och balansintryck. Impulserna leds vidare till hjärnan med hjälp av hörsel- och balansnerven, den åttonde hjärnnerven.

Örat består av tre delar

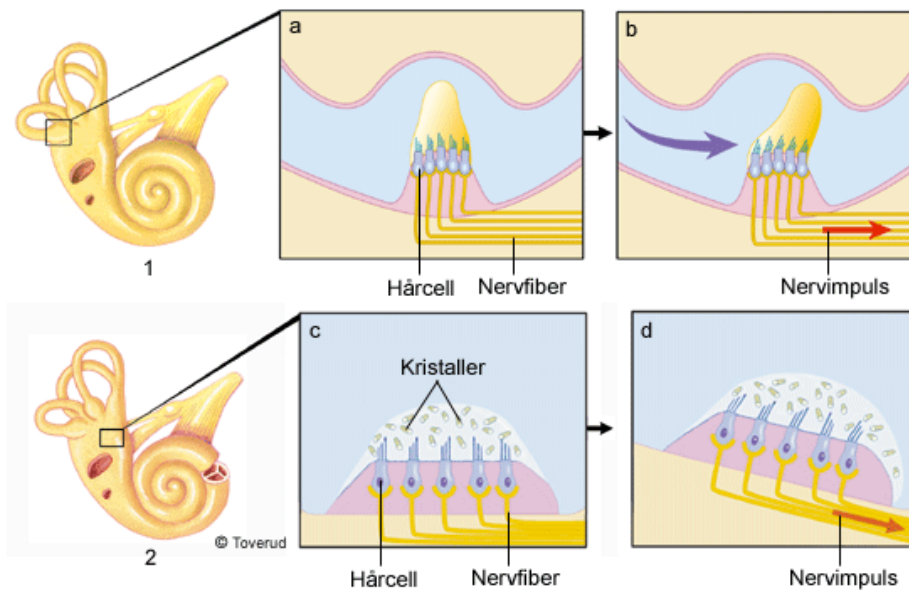
När man säger ”örat” tänker man kanske i första hand på den del som syns, nämligen ytterörat. I själva verket består örat av tre delar:

- ytterörat, där ljud samlas upp
- mellanörat, där hörselbenen sitter
- innerörat, där sinnesceller finns.

Balanssinnet finns i öronen

De tre bäggångarna är halvcirkelformade och placerade i tre mot varandra vinkelräta plan. Varje bäggång har vid sin bas en bredare del som kallas ampull. De sinnesceller som tar emot balansintryck finns dels i de tre ampullerna, dels i andra delar av hinnlabyrinten. Även dessa sinnesceller kallas hårceller eftersom

de har tunna hår på sin yta. När man böjer eller vrider på huvudet kommer vätskan i båggångarna i gungning. Även andra lägesförändringar påverkar vätskan i hinnlabyrinten. Vätskeströmningen leder till att håren böjs. Då aktiveras sinnescellerna. Några av hårcellerna har på sin yta en geléaktig massa som innehåller små kalkkristaller. Eftersom kalkkristallerna är tyngre än vätskan så rör de sig med viss tröghet. Dessa hårceller registrerar gravitationen eller tyngdkraften och förmedlar därför information om huvudets läge. Informationen från sinnescellerna leds vidare som nervimpulser genom balansnerven till centra i hjärnan. Först då blir man medveten om kroppens rörelser och ställning. Lillhjärnan får också information om balansen och samordnar denna med information från synsinnet och muskelsinnet.



Figur 9.

Balanssinnet. 1 a. De sinnesceller som tar emot balansintryck finns i båggångarna. Även dessa sinnesceller kallas hårceller eftersom de har tunna hår på sin yta. 1 b. När man böjer eller vrider på huvudet kommer vätskan i båggångarna i gungning. Vätskeströmningen leder till att håren böjs, och detta aktiverar sinnescellerna som skickar information om huvudets rörelser. 2 c. Några av hårcellerna har på sin yta en gelatinlik massa som innehåller små kalkkristaller. Eftersom kalkkristallerna är tyngre än vätskan så rör de sig med viss tröghet. Hårcellerna registrerar gravitationen eller tyngdkraften. 2 d. När man rör på huvudet kommer kristallerna i rörelse och påverkar hårcellerna, och därigenom får man information om huvudets läge. Informationen från sinnescellerna leds vidare som nervimpulser genom balansnerven till centra i hjärnan. Först då blir man medveten om kroppens rörelser och ställning. Lillhjärnan får också information om balansen och samordnar denna med information från synsinnet och muskelsinnet. www.infomedica.se

När hjärnan mottagit impulser från hela det vestibulära systemet används informationen om rörelser och fördelar samtidigt detta till det visuella systemet.

Vestibulära – okulära reflexer

Det finns ett klart samband mellan de vestibulära och visuella systemen där information om huvudets förändringar i vinkelaccelerationer förmedlas till det visuella systemet. Det visuella systemet tolkar information och gör motsvarande ögonrörelser för att stabilisera bilden på näthinnan. Denna process kallas den vestibulära – okulära reflexen. Den vestibulära – okulära reflexen samarbetar för att kunna hålla bilden stilla på näthinnan oavsett vilka rörelser som uppstår. Den vestibulära – okulära reflexen är en snabb reflex och kompenserar för

huvudrörelser i frekvensområdet 1 – 7 Hz. Den vestibulära – okulära reflexen är mindre noggrann och har längre förstärkning vid lägre frekvenser. Den optokinetiska effekten har motsatta karakteristika. Den har längre latent tillstånd på grund av att den ska analysera den visuella informationen och sedan besluta om vilka åtgärder som ska vidtas. Detta gäller vid frekvenser mindre än 0,1 Hz, samt har förstärkningen ett. Mellan 0,1 och 1 Hz börjar den optokinetiska effekten förlora i förstärkning och får en fasförskjutning på grund av inreboende svarslatens.

Upplevd självrörelse

Mycket av nedanstående beskrivning är hämtad från LaViola, (2000). Människan kan uppleva tvingande självrörelser även om man är stilla i förhållande till sin omgivning. Denna effekt kallas ”vection”. Vection kan uppträda i naturliga förhållanden som t.ex. när man åker bil och tittar ut genom fönstret och upplever en rörelse även om fordonet i sig inte rör sig. Liknande effekter har setts i virtuella omgivningar. Virtuella omgivningar med ett brett blickfält eller hjälmmonterade displayer med få referenser till den statiska världen råkar ofta ut för denna effekt. Om man har en fast simulator åstadkommes denna effekt i det optiska flödet. Förändringar i det optiska flödet tillför både translations- och rotationsinformation. Detta kombineras ofta med information till det vestibulära systemet. I ett virtuellt system kan inte det vestibulära systemet bekräfta rörelsen och det är detta som är grundläggande för signalkonfliktsteorin för rörelsesjuka.

Jämfört med andra simulatorer så är risken större att få ”vection” i en bilsimulator därför att rörelse ingår som en naturlig del i själva applikationen (McCauley & Sharkey, 1992). Vection är större i en bilsimulator än en flygsimulator därför att det optiska flödet är mindre på grund av att man befinner sig på en högre höjd från ögat sett. Simulatorer som befinner sig på marken har större problem hinder i form av hinder, träd hus, trafik etc.

Påverkan av simulatorfaktorer på simulatorsjuka

Kolasinski m.fl. (1995) och Mollenhauer (2004) har beskrivit ett flertal faktorer angående simulatorns hårdvara som kan orsaka simulatorsjuka nämligen: simulatorns blickfält (d.v.s. förarens blickfält), skärmens flimmer, skärmens upplösning, datorns uppdateringsfrekvens, skärmens uppdateringsfrekvens, skärm, kalibrering, tröghet i simulatorm, simulatorns omgivning, rörelsesignaler, synliga fordonsreferenser och synlig bakgrund.

Eftersläpning (kallas *lag* på engelska) i simulatorm är den tid det tar för simulatorm att läsa av förarens input, t.ex. spakrörelser, bearbeta dem och sedan presentera förändringarna på skärmen. Om det finns *lag* i systemet anses den addera skillnaderna i signaler till balanssinnet och seendet och den divergens som då uppstår kan leda till simulatorsjuka.

Av litteraturen framgår att det mesta det arbete som gjorts har koncentrerats på att ta bort tröghet/eftersläpning dels i det visuella systemet och i dels rörelseplattformen och det oberoende av varandra i så hög grad som möjligt. Hur tröghet påverkar signalkonflikter så är det framför allt kombinationen av lag i det visuella systemet och rörelseplattformen som är det viktiga.

Kennedy och Fowlkes (1992) hävdar att simulatorsjuka uppstår av flera orsaker och det finns inte någon specifik faktor som kan identifieras som generisk orsak utan att det oftast beror på flera orsaker. Graden av simulatorsjuka beror i hög grad på tre faktorer; simulatorm, använt scenario och den som använder simulatorm.

SIMULATORNS BLICKFÄLT

En simulator med ett bredare blickfält anses öka risken för simulatorsjuka (Kennedy m.fl., 1988; Casali, 1986; Kolasinski, 1995; Pausch m.fl., 1992). Ett bredare synfält ökar möjligheten till ett mer periferiskt seende vilket ökar risken för simulatorsjuka av två skäl. För det första orsakar ett bredare seende, det perifera seendet, känslan av skenbar rörelse, "vection". En ökad känsla för skenbar rörelse ökar konflikten i signalerna från balanssinnet och seendet. För det andra har ett perifert seende högre gräns för flimmer. Det innebär att flimmer kan uppfattas vid en högre uppdateringsfrekvens av skärmen. I litteraturen kan man finna att när blickfältet ökar så ökar risken för simulatorsjuka. Men man måste också komma ihåg att simulatorm måste vara konstruerad för att klara av sin uppgift d.v.s. om man kör på en motorväg krävs det ett mindre blickfält medan om man kör i terräng behöver man minst 180° för att kunna klara sin uppgift.

DISTORTION I RUTOR OCH BACKSPEGLAR

Vindrutor och i synnerhet bakrutor kan ge upphov till mycket förvrängda bilder. Detta beror på bl.a. på rutornas lutning och ytor, som i vissa fall kan vara både konvexa och konkava. Tunna rutor ger i allmänhet upphov till större distortion. Distortionen är normalt inte jämt fördelad över rutan, vilket utgör det egentliga problemet. Rutor kan också ge upphov till olika bländningsfenomen beroende på hur de är utformade och vilket materialval som gjorts. I skogsmaskiner och därmed i Skogforsks simulator utgör distortion inte något allvarligt problem, eftersom "rutorna" är designade i ett mer vertikalt plan.

SKÄRMENS FLIMMER

Flimmer har på bildskärmar har sammankopplats med simulatorsjuka. Upplevelse av flimmer på skärmen påverkas av ett antal faktorer som datorns uppdateringsfrekvens, blickfältet och ljusstyrkan. Flimmer ökar risken för simulatorsjuka. En ökning av ljusstyrkan ökar risken för simulatorsjuka. Den kritiska frekvensen för att man ska uppfatta flimmer ligger någonstans mellan 40 och 60 upprepningar per sekund. Den exakta gränsen är svår att fastställa eftersom det beror på ljusstyrkan på skärmen och omgivningens ljus. Generellt gäller att ju mörkare rum desto lägre är frekvensen för att flimmer inte ska uppstå.

SKÄRMENS UPPLÖSNING

Skärmens upplösning kan ha en påverkan på arbetsuppgiften och kan också bidra till simulatorsjuka. Ett friskt öga kan ta emot en bild som motsvarar ungefär en 1 bågminut på gula fläckens del av näthinnan. Vinkeln är beroende av antalet pixlar på skärmen och avståndet från föraren till skärmen. Många simulatorer har en effektiv upplösning på 3–5 bågminuter/pixel. Effekten av en begränsad upplösning kan innebära att föraren kan missa viktiga uppgifter för att kunna genomföra sitt arbete och den kan skapa överansträngning av

ögonen eftersom det inte går att fokusera. Någon koppling mellan skärmens upplösning och simulatorsjuka har inte gått att finna i litteraturen. Det är nog snarare så att skärmens upplösning mer påverkar själva arbetsuppgiften än simulatorsjuka.

SKÄRMENS UPPDATERINGSFREKVENNS

Datorns uppdateringsfrekvens är den frekvens som datorn hinner göra nya beräkningar på, utifrån förarens manövrer, och sedan visa det på skärmen. Denna frekvens brukar betecknas *frame rate*. *Frame raten* är starkt beroende av datorns beräkningskapacitet, programmet och den grafiska kapaciteten i datorn. För låg *frame rate* upplevs mer irriterande än tröghet i maskinens rörelser. Erfarenhetsmässigt upplevs ett system som har en fördröjning på 0,1 sekunder (10 Hz) som segt. Ögats accesstid att bearbeta en bild är ungefär 20 ms (50 Hz).

DATORNS UPPDATERINGSFREKVENNS

Det är den frekvens som själva skärmen eller projektorn uppdaterar bilden med. Om datorn har en *frame rate* på 30 Hz och skärmen/projektorn uppdateras med 60 Hz innebär det att varje bild presenteras två gånger. Om uppdateringsfrekvensen varierar så finns det en potentiell risk för simulatorsjuka. Normalt är uppdateringsfrekvensen 60 Hz eller mer och dessutom mycket stabil så risken för simulatorsjuka av den anledningen är minimal.

RÖRELSEPLATTFORM

Genom att införa en plattform med möjlighet att röra sig och efterlikna de verkliga rörelserna har man hoppats att få ökad realism, ökad validitet på förarrespons och minskad simulatorsjuka.

Enligt litteraturen finns ett antal exempel på hur man försökt förbättra simulatorn validitet genom att införa rörelseplattformar. Emellertid garanterar detta inte att man eliminerar eller reducerar simulatorsjuka. Det finns exempel där rörelseplattformar har minskat simulatorsjuka och där de inte gjort det (Casali, 1986; Sinacori, 1967). Det finns många sammanvävda faktorer som avgör om utfallet blir positivt eller inte när det gäller simulatorsjuka. Allmänt anses det ändå att en noggrann, kopplad rörelseplattform minskar simulatorsjuka. Den mest kända rapporten (Sharkey & McCauley, 1992) är där man har gjort jämförelse av en plattform med rörelser eller utan rörelser. Testförarna fick genomföra samma uppdrag med och utan rörelser och man kunde konstatera att en plattform med rörelser inte eliminerade simulatorsjuka. Samma resultat erhöles av Watson, (1995).

Litteraturen kan sammanfattas enligt följande. Det finns ett antal exempel på att man kan förbättra förarens prestanda med hjälp av en rörelseplattform. Men att införa en rörelseplattform är ingen garanti för att simulatorsjuka försvinner utan det finns exempel på både och. Dessutom garanterar inte en rörelseplattform att man med automatik åstadkommer mer valida experiment (Alm, m.fl, 2006; Nählinder, 2002, 2006). Beträffande validitet i allmänhet se Mischel (1981).

KALIBRERING

Det är viktigt att kalibrera simulatoren framförallt när det gäller projektor och bild så att de inte är suddiga eller att bilder överlappar. Samtidigt är det också viktigt att föraren sitter i linje med skärmen.

SIGNALFÖDRÖJNING

Med signalfördröjning avses den tid det tar från det att föraren rör på en funktion till det att motsvarande funktion rör sig på skärmen. D.v.s. den tid det tar för datorn att processa en signal till att presentera den (funktionen) på skärmen. En signalfördröjning kan orsaka simulatorsjuka (Draper, 1996; Frank m.fl., 1988; Pausch m.fl., 1992.)

Litteraturen indikerar att en ökad signalfördröjning minskar förarens prestanda men att den inte nödvändigtvis ökar risken för simulatorsjuka. I bilsimulatorer har man funnit att det är viktigare att minska fördröjningar i det visuella systemet (Frank m.fl., 1988) än i rörelseplattformar.

OMGIVNINGSFÖRHÅLLANDEN

Ett flertal olika fysiologiska förändringar sker som en följd av simulatorsjuka i en virtuell värld såsom ökning av hjärtfrekvens, blodtryck, andning och temperaturen på huden. Omgivningstemperaturen kan påverka såväl upplevelsen av simulatorsjuka som ovanstående fysiologiska reaktioner. Många av de förändrade fysiologiska reaktionerna kan vara stressrelaterade. En förhöjd temperatur, som upplevs som okomfortabel kan bidra till potentieringseffekter beträffande kroppstemperatur, hjärtfrekvens respiratorisk sinusarytmi, m.m. Ett förhöjt blodtryck kan vara kopplat till en ökad stressnivå, men också vätskebrist, som kan uppstå under långa pass i simulatoren. Det senare är lätt avhjälpt inom loppet av någon minut med hjälp vätsketillförsel, som sänker blodtrycket påtaligt. Som en generell regel rekommenderas en lämplig ventilation och temperatur.

SIMULATORANPASSNING

Det är allmänt accepterat att simulatorsjuka ökar ju längre tid man sitter i simulatoren vid ett och samma tillfälle men att risken minskar vid ett ökat antal gånger. Watson (1997). visade att simulatorsjuka minskade med 2/3 från första till tredje övningsstillfället. Watson rekommenderar att man har begränsad tid i simulatoren vid de första fem tillfällena. Även om man inte kan öva fem gånger av praktiska och ekonomiska skäl är det viktigt att man har förståelse för detta och vad det kan betyda för själva studieresultaten.

ANPASSNING TILL SIMULATOR

Det mänskliga nervsystemet är en mycket komplex uppsättning av mekanismer och processer men samtidigt också mycket anpassningsbart. Människans anpassningsförmåga väcker en del frågor angående exponering i simulatoren och giltigheten i de resultat man får ut. Det är viktigt att de förare som ska genomföra tester i simulatoren får möjlighet att träna och anpassa sig till simulatoren samtidigt som det är viktigt att simulatoranvändare förstår hur exponering och adaptation kan påverka resultaten.

STEREOSEENDETS PÅVERKAN PÅ SIMULATORSJUKA

Den vy som visas i en simulator kan vara antingen i mono- eller stereoseende. Stereoseende är när varje öga ser världen från ett annat perspektiv genom avståndet mellan dem. Detta kallas binokulär divergens. Binokulär divergens är en av de starkaste signalerna för att kunna se djup och skärpa. Det är därför viktigt att ha en förståelse för hur detta kan påverka förarens prestation och simulatorsjuka. Även ett monokulärt seende kan ge en viss begränsad olikhet mellan vänster och höger blickfält, vilket kan vara tillräckligt att identifiera djupförhållanden på kortare avstånd.

Stereoseende åstadkommes genom att visa två vyer, en för respektive öga. Det finns två tekniker för att åstadkomma stereoseende: aktiv och passiv.

Aktiv stereo

Aktiv stereo innebär att man alternerar med att visa en ny bild i taget för respektive öga. När en bild visas för det vänstra ögat är det släckt för det högra ögat och vice versa och detta måste ske synkront. För detta krävs det en uppdateringsfrekvens för varje bild på 96 Hz (48 Hz för varje öga) för att minska risken för flimmar. Det är enkelt att åstadkomma denna funktion för hjälmar med VR-teknik. För att åstadkomma stereo på en skärm använder man sig av två projektorer och glasögon där både projektor och glasögon är försedda med släckningsbara filter. Varje projektor släcks och tänds synkront med varandra samt med glasögonen.

Passiv stereo

Det finns två tekniker vid passiv stereo, en där man använder polariserade filter och polariserade glasögon och en där man separerar färgerna rött och blått med filter, samt att man har glasögon. Vid polariserad passiv video har man projektorer och framför linsen på varje projektor placeras ett filter. Filtreringen är gjord så att vardera ögat kan endast se en projektor. Projektorerna måste vara synkroniserade för att undvika distorsion. Linjära eller cirkulära filter används.

Passiv stereo med rött och blått innebär att man kan ha endast en projektor och att man separerar färgerna med hjälp av mjukvara, samt ett par glasögon där man har rött glas för vänster öga och blått för höger öga. Man blir fort trött i ögonen av denna teknik, eftersom skärmen visar många olika färger och att tekniken fungerar bäst på svart-vita bilder.

Det står klart, enligt litteraturen, att en bra presentation på skärmen har påverkan på prestationen på det arbete som genomförs. Det finns dock inga klara indikationer på att stereoseende är bättre i alla avseenden. Stereo är mindre nödvändigt då man har skarpa kanter, mellanrum och ett linjärt perspektiv som signal för djupseendet och avståndet till objekt belägna långt ifrån centrum på skärmen.

Skogforsks simulator

Skogforsks skogsmaskinsimulator som används i alla försök och tester, är en simulator med en fast plattform från Oryx Simulations AB. Den består av en komplett inredning med stol och spakar från en skördare Valmet 911. Simulatoren är en realtidssimulator, vilket innebär att alla rörelser på skogsmaskinen är baserade på aktuella fysiska data som längd, vikt, friktion, tröghetsmoment och andra dynamiska egenskaper för de komponenter som ingår i en riktig skogsmaskin. På det viset får man egenskaper i simulatoren som väl stämmer överens med en verklig skogsmaskin, förutsatt att egenskaperna är rätt representerade i simulatoren. Simulatoren reagerar på samma sätt som en verklig skogsmaskin när man aktiverar spak- och knappfunktioner, vilket är verifierat av tillverkaren genom tester.

Samtidigt som man har bra dynamiska egenskaper har man också en mycket bra grafisk presentation. I vårt fall sker presentationen mot tre skärmar som är $2,0 \times 1,5$ m och med en projektor för varje skärm. På varje skärm visas en 2-dimensionell bild, se figur 10.



Figur 10.
Skogforsks skogsmaskinsimulator.

I simulatoren finns följande skogsmaskiner representerade, se också figur 11–13:

- Skördare Valmet 911
- Skotare Valmet 860
- Drivare Valmet 801

I övrigt finns det möjlighet att skapa egna futuristiska lösningar eller att modifiera befintliga konstruktioner.



Figur 11.
Skördare Valmet 911 i simulatorm.



Figur 12.
Skotare Valmet 860 i simulatorm.



Figur 13.
 Drivare Valmet 801 i simulatorm.

SIMULATORNS BLICKFÄLT

Skogsmaskinsimulatorm har idag ett blickfält på 200 grader vilket är ett acceptabelt blickfält vid skotning i slutavverkning och gallring. Ett bredare blickfält ökar möjligheten till ett mer periferiskt seende vilket ökar risken för simulatorsjuka. Men man måste också komma ihåg att simulatorm måste vara konstruerad för att klara av sin uppgift d.v.s. om man kör på en motorväg krävs det ett mindre blickfält medan om kör i terräng behöver man minst 180° för att kunna klara sin uppgift. Vid arbete med skotare och drivare är det nödvändigt att kunna se åt sidorna.

SKÄRMENS FLIMMER

Skogsmaskinsimulatorm har en uppdateringsfrekvens på 60 Hz. Den kritiska frekvensen för att man ska uppfatta flimmar ligger någonstans mellan 40 och 60 upprepningar per sekund. Den exakta gränsen är svår att fastlägga eftersom det beror på ljusstyrkan på skärmen och omgivningens ljus. Generellt gäller att ju mörkare rum desto lägre är frekvensen för att flimmar inte ska uppstå.

SKÄRMENS UPPLÖSNING

Skogsmaskinsimulatorm har en upplösning på 1 400 × 1 050 pixlar. Detta motsvarar 3,3 bågminuter/pixel. Många simulatorer har en effektiv upplösning på 3–5 bågminuter/pixel.

SKÄRMENS UPPDATERINGSFREKVENNS

I skogsmaskinsimulatorn är *frame raten* 25 Hz d.v.s. 40 ms. Det innebär en möjlighet till signalkonflikt och en potential för simulatorsjuka. En variabel *frame rate* är inte heller att föredra ty det kan också förstärka risken för simulatorsjuka.

DATORNS UPPDATERINGSFREKVENNS

Skogsmaskinsimulatorn har en uppdateringsfrekvens på 85 Hz. Datorn har en *frame rate* på 30 Hz och skärmen/projektorn uppdateras med 85 Hz. Varje bild presenteras alltså 2,8 gånger vilket innebär att bilden är stabil.

RÖRELSEPLATTFORM

Simulatorn har ingen rörelseplattform. Troligtvis skulle man få en bättre känsla med en plattform, men det påverkar sannolikt inte resultaten.

KALIBRERING

Simulatorn är kalibrerad genom tester med framför allt professionella förare. Projektorer och bilder är kalibrerade så att de inte överlappar varandra och att de inte är suddiga. Föraren sitter i linje med skärmarna.

OMGIVNINGSFÖRHÅLLANDEN

Skogsforsks simulator har ett ljudsystem som efterliknar det ljud som finns på en verklig skogsmaskin. Simulatorn är placerad i ett mörkt rum med luftkonditionering för att kunna hålla en jämn temperatur.

PASSIV STEREO

Skogsforsks simulator ger möjlighet att använda passiv stereo med blått och rött men denna teknik används inte.

SCENER I SIMULATORN

De scener som normalt följer med simulatorn är gjorda för att utbilda blivande skogsmaskinförare och de är speciellt utformade för att passa för olika situationer i dagens skogsbruk.

Eftersom vi använder simulatorn för forskningssyften har vi varit tvungna att skapa en egen skog i simulatorn där vi har mätt in data om brösthöjdsdiameter, höjd, torr- och grönkvistgränser och positionen för varje träd. Vidare har markens lutningar och stenar samt övriga hinder mätts in.

Slutsats

Litteraturen visar på flera möjligheter till vad som kan påverka människan i en simulator. Vi kommer inte att helt få bort de faktorer som kan orsaka simulatorsjuka. Däremot kan vi reducera antalet faktorer. När det gäller de tekniska faktorerna är simulatoren så pass bra att vi inte behöver uppleva några problem. Kanske blickfältets storlek, 200°, kan öka risken för simulatorsjuka. Samtidigt är människor olika benägna att uppleva rörelsesjuka. Vad vi kan göra är att låta testförarna öva ett antal gånger innan själva studien genomförs.

Sammanfattningsvis anses simulatoren i Troëdsson Forest Technology Lab väl uppfylla de krav som kan ställas på ett forskningsverktyg med våra användningsområden.

Referenser

- Alm, T., Alfredsson, J. & Ohlsson, K. (2006). Business Process Reengineering in the Automotive Area by Simulator-based Design. In El Sheik, Abu-Taieh (Eds.) "Simulation and modeling: Current Technologies and Applications". In press.
- Casali, J. 1986. Vehicular Simulation-Induced Sickness, Volume I: An Overview. IEOR Technical Report No. 8501. Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Curry, R., Artz, B., Cathey, L., Grant, P., & Greenburg, J. 2002. Kennedy SSQ results: Fixed- vs. motion-base Ford simulators. Proceedings of the DSC '02, Paris, France, September 2002, pp. 289–299.
- Draper, M. 1996. Can your eyes make you sick?: Investigating the relationship between the vestibule-ocular reflex and virtual reality. Unpublished Thesis, University of Washington, Human Interface Technology Lab.
- Drexler, J. M., Kennedy, R. S. & Compton, D. E. (2004). Comparison of sickness profiles from simulator and virtual environment devices: Implications of engineering features. In Proceedings of the VIII Driving Conference Europe, in Paris. pp. 291–299.
- Frank, L., Casali, J., & Wierwille, W. (1988). Effects of visual display and motion system delays on operator performance and uneasiness in a driving simulator. *Human Factors*, 30(2), 201–217.
- Gibson, J., (1969). *Våra sinnen som perseptuella system*. Beckmans Bokförlag, Stockholm.
- Godley, S. T., Fildes, B. F., Triggs, T. J., & Brown, L. (1999). *Perceptual Countermeasures: Experimental Research*. (Report CR 182). Canberra, Australia: Federal Office of Road Safety.
- Goldstein, E. (1989). *Sensation and Perception*, 3rd Ed., Wadsworth Publishing, Belmont, California.
- Kennedy, R., & Fowlkes, J. (1992). Use of a motion sickness history questionnaire for prediction of simulator sickness. *Aviation, Space and Environmental Medicine*, pp. 588–593.
- Kennedy, R., Fowlkes, J., & Lilienthal, M. (1993). Postural and performance changes following exposures to flight simulators. *Aviation, Space, & Environmental Medicine*, 64(10), 912–920.
- Kennedy, R.S., Hettinger, L., & Lilienthal, M. (1988). Simulator Sickness. In *Motion and Space Sickness*, Ch. 15, 317–341, Boca Raton, FL: CRC Press.

- Kennedy, R.S., Lane, N. E., Beerbaum, K.S., & Lilienthal, M.G. (1993). Simulator Sickness Questionnaire. An Enhanced method for Quantifying Simulator Sickness, *International Journal of Aviation Psychology*, 3(3), pp. 203–220.
- Kolasinski, E. (1995). Simulator Sickness in Virtual Environments. Army Research Institute Technical Report 1027.
- LaViola, J. (2000). A discussion of cyber sickness in virtual environments. *SICCHI Bulletin*, 32(1), pp. 47–56.
- Leibowitz, H. (1986). Recent advances in our understanding of peripheral vision and some implications. In *Proceedings of the 30th Annual Human Factors and Ergonomics Society Meeting*, pp. 605–607.
- McCauley, M., & Sharkey, T., (1992). Cyber sickness: Perception of self motion in virtual environments. *Presence*, 1, pp. 311–318.
- Mischel, W., (1981). *Introduction to Personality* (3rd ed.) New York. Reinhart and Winston.
- Mollenhauer, M. A. (2004). Simulator adaption syndrome. Literature review. Real Time Technologies Inc.
- Nilsson, L. (1993). Behavioural research in an advanced driving simulator - Experiences of the VTI system. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 37th Annual Meeting*, 37(1), 612–616.
- Nählinder, S. (2002). Similarities and differences in Psychophysiological reactions between simulated and real air to ground mission. *Aviation Psychology*. 12(1). pp. 49–61.
- Nählinder, S. (2006). A Human-Factors perspective on simulator fidelity assessment. FOI Report: 20 47 SE. Linköping.
- Pausch, R., Crea, T., & Conway, M. (1992). A literature survey for virtual environments: Military flight simulator visual systems and simulator sickness. *PRESENCE: Teleoperators and Virtual Environments*, 1:3.
- Sharkey, T., & McCauley, M. (1992). Does a motion base prevent simulator sickness? *American Institute of Astronautics*, AIAA-92-4133-CP.
- Treisman, M. (1977). Motion Sickness: An evolutionary hypothesis. *Science*, 197, 493–495.
- Watson, G. (1997). Simulator adaptation in a high-fidelity driving simulator as a function of scenario intensity and motion cueing. *Proceedings of DSC '97*. Paris, France.
- Watson, G. (1995). Simulator effects in a high-fidelity driving simulator as a functions of visuals and motion. *Proceedings of DSC '95*. Sophia, France.

INTERNET

www.infomedica.se

Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2006

År 2006

- Nr 609 Karlsson, B. & Lönnstedt, L. 2006. Strategiska skogsbruksval – Analys av två alternativ till trakthyggesbruk med gran. 141 s.
- Nr 610 Sonesson, J., Eriksson, I. & Pettersson, F. 2006. Beslutsunderlag för privatskogsbruk. Slutrapport. 50 s.
- Nr 611 Bergkvist, I., Lundmark, T., Rytter, L. & Thor, M. 2006. Uttag av biobränslen i ungskog – Slutrapport 2006 för projekten P22187 och P22189. 17 s.
- Nr 612 Skutin, S.-G. 2006. Virkesstyrningssystem – problem i dag och möjligheter i morgon – En intervjuundersökning inom HEUREKA Fas 1. 32 s.
- Nr 613 Jonsson, M. 2006. Spårdjupsmätning efter Valmet 890 med boggieband – Magnum och Ecotrack HS. 8 s.
- Nr 614 Sonesson, J., Almqvist, C., Andersson, B., Berlin, M., Ericsson, T., Högberg, K.-A., Jansson, G., Karlsson, B., Persson, T., Rosvall, O., Stener L.-G. & Westin, J. 2006. Lägesrapport 2005-12-31 för förädlingspopulationer av tall, gran, björk och contortatall. 20 s.
- Nr 615 Ekstrand, M. 2006. CARABAS – Individual trees. 19 s.
- Nr 616 Bergkvist, I., Nordén, B. & Lundström H. 2006. Besten med två virkeskurirer – studier av prestation och bränsleförbrukning. 17 s.
- Nr 617 Sondell, J. 2006. Operation Gudrun – Vunna erfarenheter och förslag till förbättringar. 39 s.
- Nr 618 Larsson, M. & Nordén, B. 2006. Skogsbränslesystem – State of the art 2006. 16 s.
- Nr 619 Jonsson, M., Löfroth, C. & Thor M. 2006. Helkroppsvibrationer i en skotare och jordbrukstraktor uppmätta på mobil testbana – Slutredovisning av En studie föranledd av EU-direktiv 2002/44/EG och arbetsmiljöverkets föreskrift AFS 2005:15 helkroppsvibrationer i fordon. 13 s.
- Nr 620 Löfroth, C., Marcusson, H. & Jonsson, M. 2006. Standardiserad lastkontroll på virkesfordon. (Nordic Innovation Centre REF.NO:04169-JE). Slutrapport – Förslag till nordiskt certifierings-system för kranvagnar i skoglig applikation. Typprovningt enligt följande klasser. 24 s.
- Nr 621 von Hofsten, H. 2006. Maskinell upptagning av stubbar – Möjligheter och problem. 10 s.
- Nr 622 Brunberg, T., von Hofsten, H. & Jonsson M. 2006. Studier av stälvalsar tillsammans med John Deere – Delstudie vid savning. 14 s.
- Nr 623 Brunberg, T. 2006. Bränsleförbrukning hos skördare och skotare vecka 13, 2006. 7 s.
- Nr 624 Löfroth, C. & Rådström L. 2006. Bränsleförbrukning och miljöpåverkan vid drivning och vidaretransport. 16 s.
- Nr 625 Järrendal, D. & Tinggård-Dillekås, H. 2006. Engreppsskördare med Head-Up Display. 65 s.
- Nr 626 Furness-Lindén, A. 2006. Affärsutveckling i relationen. Stor kund: liten leverantör – vad kan skogsbruket lära? 77 s.
- Nr 627 Löfgren, B. 2006. Olika faktorer som påverkar studier i en skogsmaskinsimulator – en litteraturstudie. (under arbete)
- Nr 628 Hannerz, M. 2006. Kunskap om Kunskap Direkt – Enkät till distriktschefer och inspektorer, oktober 2006. 11 s.