

Fågel, fisk eller mittemellan?

En studie av relativ höjdbedömning i en dynamisk 3D-miljö med pilotperspektiv

Malgorzata Andersson, Maria Johansson, Peter Olovsson, Karin Samuelsson,
Robert Scholz, Dominique Siivonen & Kristofer Wagnsgård

Linköpings universitet 1 juni 2003

3D-displayer är numera ett tekniskt möjligt alternativ till de tvådimensionella displayer som används i dagens cockpitar. Fördelen med en 3D-display som hjälp vid navigation, är att piloten får en bättre förståelse för förhållandena mellan objekt i luftrummet. Studien är en del av den forskning som bedrivs kring 3D-displayer på Institutionen för konstruktions- och produktionsteknik (IKP), vid Linköpings universitet. Studien begränsade sig till att undersöka hur höjd kan representeras i en dynamisk 3D-miljö. Tre olika alternativ jämfördes, en utan perceptuella höjdedtrådar, en med höjdrepresentation i form av en dropline med tvärså och en med en kon som höjdinformation. Försökspersonerna fick genomföra ett antal scenarier där de fick bedöma den relativa höjden på objekt i displayen. Resultaten visade att försökspersonerna presterade signifikant bättre när perceptuella ledtrådar för höjdbedömningar, som dropline med tvärså eller kon, fanns i displayen. Av detta drar vi slutsatsen att höjdedtrådar behövs för att bedöma relativ höjd. Mellan representationerna dropline med tvärså och kon fanns ingen signifikant skillnad i prestation.

Inledning

Dagens flygplan är utrustade med navigationsdisplayer där omvärlden representeras i två dimensioner. Avsaknaden av djup i dessa displayer innebär att representationen måste omvandlas mentalt för att överensstämja med världens tre dimensioner. Denna omvandling innebär en mental belastning och risken för misstag är påtaglig, vilket kan få katastrofala konsekvenser. För att eliminera denna mentala omställning pågår forskning kring perspektivdisplayer ("3D-displayer"), bland annat vid Linköpings universitet (Alm & Andersson, 2003). Genom användandet av 3D-

displayer hoppas man kunna förbättra situationsuppfattningen (eng. *Situation Awareness*) och därmed även flygsäkerheten.

Modern databas- och visualiseringsteknik möjliggör en mycket exakt tredimensionell avbildning av världen i realtid. Frågan är hur världen ska avbildas för att vara förstälilig även när den är nerskalad till en relativt liten display. Det lilla formatet i kombination med en abstrakt design gör att bedömningen av avstånd, höjd, storlek med mera kan bli osäker.

En viktig komponent för att kunna åstadkomma 3D-displayer som fungerar bättre än dagens 2D-displayer är användandet av olika djupledtrådar (Hollands & Wickens, 2000). Då höjd och avstånd inte kan skiljas åt har vi i denna studie kombinerat djupledtrådar med olika varianter av höjdrepresentation för att underlätta höjdbedömningen vid användning av 3D-displayer. De olika höjdrepresentationerna har utformats utifrån användarens mentala uppfattning av höjd. Höjd uppfattar vi som något *lodrätt* och som en analog kvantitet. För att stämma överens med användarens mentala modell ska höjd i en display representeras på samma sätt, det vill säga analogt (Hollands & Wickens, 2000). Detta besparar piloten mentala operationer och minskar därför den mentala belastningen. Av samma anledning är det bättre att använda sig av ett dynamiskt scenario än ett statiskt om det finns dynamik i det system man vill representera.

Studien har som syfte att undersöka hur man på ett analogt sätt kan representera höjd i en dynamisk 3D-miljö, detta för att underlätta bedömningen av *relativ* höjd. Med relativ höjd avses hur två objekt förhåller sig till varandra i höjddled utan att bedöma den exakta skillnaden. Det viktigaste för en pilot är att veta hur andra flygplan förhåller sig i höjd till det egna flygplanet – ligger de nära det egna planet i höjd kan de utgöra en fara. Den exakta höjden på andra flygplan eller den exakta höjdskillnaden mellan det egna flygplanet och andra flygplan är inte lika intressant.

3D-displayer kan komma att spela en viktig roll i det så kallade *Free Flight-*

konceptet. Free Flight innebär att flygplanen ska kunna röra sig mer fritt i luften, detta för att utnyttja luftrummet effektivare. Styrningen från flygtrafikledningen blir därmed mindre, vilket gör att piloterna får ta mer ansvar för navigation och säkerhet. (Endsley, 2003)

Vårt projekt kan ses som en förstudie för vidare forskning kring 3D-displayer. Vårt mål var att ta fram underlag för fortsatt forskning om hur höjd kan representeras i tredimensionella flygplansdisplayer.

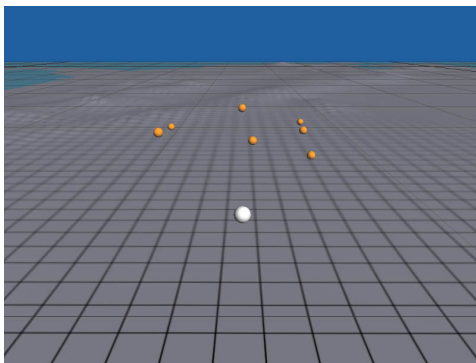
Metod

Studien bestod av ett experiment där försökspersonerna fick studera ett antal dynamiska flygscenarier i 3D-miljö och utifrån dessa göra bedömningar av relativ höjd. Efter experimentet intervjuades försökspersonerna.

Displayens 3D-miljö var utformad så att bakgrunden dels bestod av en blå himmel, dels av en grå markyta med ett rutnät pålagt. Markytan var inte helt slät utan terrängen var något kuperad. Flygplanen, som representerades som sfärer, hade orange som standardfärg med undantag för egenobjektet som var vitt. Med egenobjektet avses här och i fortsättningen sfären som representerar det egna flygplanet. I tidigare försök som har genomförts av Alm et al. (2003) har sfärer valts som representation för flygplanen i displayen, vilket ger flera fördelar. Dels är sfärer det objekt som lättast identifieras från alla vinklar, dels är de lika stora i alla vinklar vilket underlättar avståndsbedömningen (Alm & Andersson, 2003).

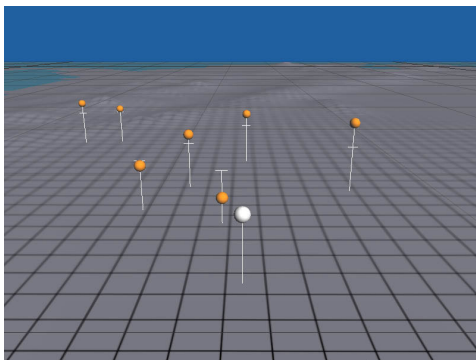
Det centrala för studien av höjdbedömning i 3D-miljö, var användandet av tre varianter av höjdrepresentation. I dessa varierades hjälpinformationen för höjdbedömning. De tre höjdrepresentationerna såg ut enligt följande:

Endast sfär – kontrollvariant utan ytterligare höjdinformation, fortsättningsvis kallad *Sfär*. Se figur 1.



Figur 1. *Sfär*.

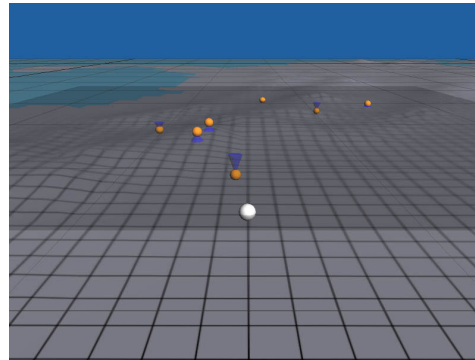
Dropline med tvärslå – sfärer med pinne (dropline) ner i marken, samt en tvärslå som markerar egenobjektets höjd, fortsättningsvis kallad *Tvärslå*. Se figur 2.



Figur 2. *Tvärslå*.

Höjdsnitt med koner – transparent höjdsnitt i egenobjektets höjd varifrån det

utgick koner till de övriga sfärerna, fortsättningsvis kallad *Kon*. Se figur 3.



Figur 3. *Kon*.

Efter inledande övning fick försökspersonerna se 48 dynamiska scenarier, 16 scenarier av varje höjdrepresentation. Egenobjektet flög alltid rakt fram, medan ytterligare sju sfärer rörde sig i olika riktningar. Tre av dessa sfärer markerades i tre olika färger och försökspersonernas uppgift var att bedöma vilken av dessa sfärer som befann sig på den minsta alternativt den största höjdskillnaden i förhållande till egenobjektet.

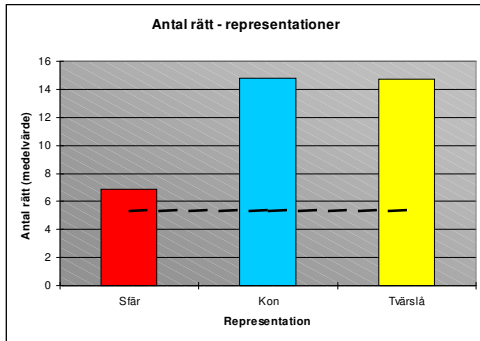
Efter att experimentdelen var avslutad gjordes en intervju med försöksdeltagarna. Avsikten med denna var att få synpunkter på experimentet och att ta reda på om försökspersonens uppfattning om sin prestation överensstämde med de verkliga resultaten.

Resultat

t-test har utförts med signifikansnivån 0,05.

t-test av antal rätt för representationer
Testen var riktade för *Sfär-Kon* och för *Sfär-Tvärslå*. Hypotesen var att antal rätt för *Sfär* skulle vara lägre i båda fallen.

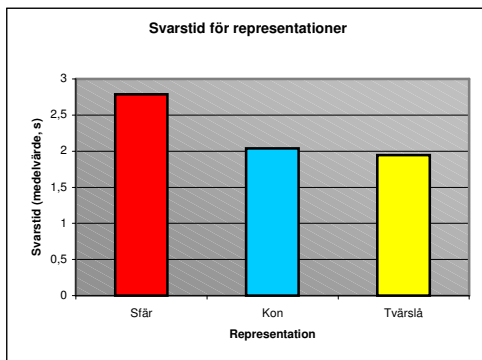
Medelvärde för *Sfär* var 6,86, för *Kon* 14,79 och för *Tvärslå* 14,75 antal rätt. Se figur 4. Testen visade en signifikant skillnad mellan representationerna *Sfär* och *Kon* (7,93 antal rätt) respektive *Sfär* och *Tvärslå* (7,89 antal rätt), men ingen signifikant skillnad mellan *Kon* och *Tvärslå* (0,04 antal rätt).



Figur 4. Antal rätt per representation. Streckad linje anger chans (5,33 antal rätt).

t-test av svarstid mellan grupper

Medelvärde för *Sfär* var 2,78, för *Kon* 2,03 och för *Tvärslå* 1,96 sekunder. Se figur 5. Hypotesen var att *Sfär* skulle ha längre svarstid än både *Tvärslå* och *Kon*. Detta visade sig också stämma. Mellan *Kon* och *Tvärslå* fanns ingen signifikant skillnad.



Figur 5. Svarstid per representation.

Korrelationstest av antal korrekta bedömningar och svarstid

För att se om det fanns en korrelation mellan antal korrekta bedömningar och svarstid utfördes Pearson r-korrelationstest för varje representation. För representationen *Kon* fanns en medelstor negativ korrelation ($r = -0,65$) mellan antal korrekta bedömningar och svarstid. För *Tvärslå* fanns ingen korrelation.

Diskussion

Vilken representation var bäst?

Utifrån våra resultat kan vi inte sluta oss till att någon representation var *den bästa*, i betydelsen flest antal rätt respektive lägst svarstid. Dock visar vår studie väldigt tydligt att de representationer där man får ledtrådar i form av *koner* och *droplines med tvärslå* för att bedöma höjden gav bättre resultat än när man enbart hade *sfärer* att utgå ifrån.

När man tittar på resultaten ser man att antal rätt för både *Kon* och *Tvärslå* är signifikant mycket bättre än *Sfär*, vi fann dock ingen skillnad mellan *Kon* och *Tvärslå*. Eftersom vi fick denna höga andel rätt är det troligt att det funnits små skillnader mellan *Kon* och *Tvärslå* som vår studie missade att finna. Utformningen av vår studie kan ha varit *för lätt* för att dessa skillnader skulle upptäckas. Vi kunde dock konstatera att vår huvudsakliga hypotes, att det är lättare att göra en höjdbedömning om man får perceptuella ledtrådar, bekräftades.

Försökspersonerna upplevde det ofta som att "de chansade vilt" när de skulle bedöma höjden för representationen *Sfär*, och antalet rätt för denna representation

ligger strax över den nivå som kan förväntas uppkomma av ren slump. (Eftersom antalet svarsalternativ var tre är chansen att man svarar rätt om man chansar 1 på 3.) Beroende på experimentets utformning varierade svårighetsgraden, detta gör det svårt att dra några slutsatser om *hur* svårt det var att bedöma höjden för *sfärerna*. Men eftersom vår huvudsakliga hypotes bekräftades drar vi slutsatsen att någon form av hjälp för höjdbedömning behövs.

Svarstid

Vår hypotes var att *Sfär* skulle ha längre svarstid än *Kon* och *Tvärslå*. En analys av svarstiderna visar också att denna hypotes bekräftades. Vi har redan konstaterat att scenarier med enbart sfärer gav signifikant sämre resultat med hänsyn till antal rätt än de med någon form av ledtråd. Utifrån detta var det naturligt för oss att dra slutsatsen att detta skulle kunna vara en förklaring till skillnaden vad gäller svarstider. Scenarier med representationen *Sfär* är svårare att bedöma och därmed tar försökspersonerna längre tid på sig att bestämma sig för sitt svar.

På samma sätt som vi inte fann någon skillnad i fråga om antal rätta svar mellan *Kon* och *Tvärslå* fann vi inte heller någon skillnad i fråga om svarstider.

Korrelation mellan korrekta bedömningar och svarstid

Vi ville undersöka om det fanns en korrelation mellan antal korrekta svar och reaktionstiden för varje representation. Det fanns ingen korrelation för *Sfär* och *Tvärslå*, däremot fanns det en medelstor negativ korrelation för *Kon* (-0,645). Detta innebär att ett högre antal rätt är korrelerat med en kortare svarstid.

En förklaring till ovanstående resultat skulle kunna vara att de som svarar snabbt även svarar rätt. Är man osäker borde man rimligtvis ta längre tid på sig. Varför denna korrelation endast fanns för *Kon* har vi inget rakt svar på. Dock uppgav några försökspersoner i intervjun att de upplevde konerna som mer intuitiva, att man svarade mer instinktivt. Detta skulle kunna vara en möjlig förklaring till varför detta fenomen endast uppstod för *Kon*.

För att summera kan vi utifrån våra resultat dra slutsatsen att representationer där försökspersonen får hjälp med höjdbedömning generellt är bättre än representationer utan, både vad gäller korrekta bedömningar och tiden det tar att svara. Med *Kon*-representationen ser vi risker för *klustereffekter* (Wickens & Hollands, 2000) när denna används i en mer komplex miljö. Det vill säga att det ger ett väldigt *rörigt intryck* i displayen.

Validitet

Eftersom vår studie endast är en del av ett större forskningsprojekt kring 3D-displayer behöver resultaten ses i ett vidare sammanhang. Den display som piloten tittar på i en cockpit ska bland annat stödja hans eller hennes situationsmedvetenhet. Med tanke på alla komponenter som ingår i begreppet situationsmedvetenhet var experimentets inriktning relativt snäv och utplockad ur sitt sammanhang. Hollands och Wickens (2000, s. 261) skriver: "...displays designed to support specific routine tasks are often not well suited for supporting broader situation awareness - which is particularly important when failures or unexpected circumstances develop". Detta gör att studiens resultat bör tolkas med stor försiktighet. Våra slutsatser gällande olika

sätt att representera höjd i 3D kan visa sig oanvändbara när mycket annan information samtidigt ska visas på displayen. Risken för klustereffekt som nämns ovan uppstår när separata delar av det slutliga innehållet slås ihop på en och samma display. Representationen med koner tar upp mycket visuellt utrymme och är kanske därmed inte lämplig om den ska kombineras med andra representationer som krävs för andra bedömningar.

Avslutning

För att få klarhet i om de representationer som har utvärderats i vår studie även ger goda resultat när andra bedömningar än relativ höjd ska utföras, exempelvis riktnings- och djupledsbedömning, måste fortsatt forskning bedrivas.

Det faktum att studien genomfördes i en kontrollerad laboratoriemiljö innebär att slutsatser om validiteten i verkliga flygmiljöer inte kan dras. Hur bra, eller dåliga, representationerna är måste därför utvärderas i verkliga flygsituationer, förslagsvis i flygsimulatorer, och med riktiga piloter.

Referenser

Alm, T. & Andersson, P. (2003). Perception aspects on perspective aircraft displays. *Display*, 24, 1-13.

Hollands, J. G. & Wickens, C. D. (2000). *Engineering psychology and human performance* (3d ed.). New Jersey: Prentice Hall.

Endsley, M. R. (2003, maj, 30). *Situation Awareness, Automation & Free Flight*.

Tillgänglig via:

<http://atm-seminar-97.eurocontrol.fr/endsley.htm>