

**SYVYYSVIHJEIDEN VAIKUTUS VISUAALISEEN  
HAKUUN GRAAFISESSA KÄYTTÖLIITTYMÄSSÄ**

**JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO  
Psykologian laitos  
PL 35  
40351 Jyväskylä**

Eeva Toivola  
Pro-gradu- tutkielma  
Syksy 2000  
Psykologian laitos  
Jyväskylän yliopisto

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO

Psykologian laitos

Toivola, Eeva Katriina:

**SYVYYSVIHJEIDEN VAIKUTUS VISUAALISEEN HAKUUN GRAAFISESSA  
KÄYTTÖLIITTYMÄSSÄ**

Pro gradu –tutkielma, 25 sivua

Ohjaaja: Jussi Saarinen

Lokakuu 2000

---

## **TIIVISTELMÄ**

Tietokoneen graafisiin käyttöliittymiin lisätään nykyään yhä useammin syvyysvihjeitä, joiden avulla pyritään parantamaan käyttäjän kykyä erottaa olennainen informaatio epäolennaisen joukosta. Syvyysvihjeet voidaan jakaa kahteen pääluokkaan: stereoskooppisiin ja ei- stereoskooppisiin vihjeisiin. Ei- stereoskooppisia vihjeitä voivat olla mm. objektien sijoittuminen osittain toisten objektien päälle, perspektiivi ja varjostus. Tässä tutkimuksessa selvitettiin, onko käyttöliittymissä oleviin ikoneihin lisätystä dekoratiivisista, ei-stereoskooppisista syvyysvihjeistä hyötyä eli parantavatko ne käytettävyyttä. Kokeet perustuivat visuaalisen haun paradigmaan eli tarkoituksena oli selvittää, kuinka tehokkaasti koehenkilöt löysivät kohdeikonin taustaikonien joukosta silloin, kun syvyysvihjeitä ei ollut ja toisaalta kun niitä oli lisätty ikoneihin. Neljä koetilannetta erosivat toisistaan sen mukaan, oliko niissä käytetty dekoratiivisia syvyysvihjeitä vai ei, ja miten vihjeitä oli käytetty. Hakuajat kussakin koetilanteessa mitattiin. Tulokset osoittivat, että dekoratiivisista syvyysvihjeistä ei ollut haittaa, muttei myöskään hyötyä. Haku oli luonteeltaan sarjallista kaikissa koetilanteissa, toisin sanoen taustaikonien lukumäärän lisääminen hidasti hakuajoja.

**Avainsanat:** visuaalinen haku, rinnakkainen ja sarjallinen prosessointi, graafinen käyttöliittymä, dekoratiiviset syvyysvihjeet, ikoni

## **ABSTRACT**

Nowadays it has become more and more common to add depth cues in the computer graphical interface. The aim of these depth cues is to improve the capability of the user to distinguish between essential and less essential information. The depth cues can be divided into two main categories: stereoscopic and non-stereoscopic depth cues. The non-stereoscopic depth cues consist of interposition, perspective and shading. The aim of this study was to investigate if the decorative, non-stereoscopic depth cues added into the computer graphical interface icons would improve the usability of the computer system. The paradigm of parallel/serial visual search was used to investigate how effectively study participants looked for a "target" icon among "distractor" icons with the added depth cues in the icons and without them. Participants looked for a target icon in four different stimulus conditions which differed from each other with the amount and quality of the depth cues added to icons. The reaction times were measured in all four stimulus conditions. The results showed that adding decorative depth cues neither deteriorated or improved the performance. The search in all four stimulus conditions was serial, and increasing the distractor icons impaired the search efficiency.

**Key words:** visual search, parallel and serial processing, computer graphical interface, decorative depth cues, icon

# SISÄLTÖ

<b>1. JOHDANTO</b> .....	1
1.1 Visuaalinen haku .....	1
1.1.1 Tarkkaavaisuus ja näköhavaintojen prosessointi .....	2
1.1.2 Visuaalisen haun paradigma .....	3
1.1.3 Piirreintegraatioteoria .....	3
1.1.4 Piirreintegraatioteorian kritiikkiä .....	5
1.1.5 Wolfen ohjatun haun malli .....	7
1.2 Syvyysvihjeet tietokoneen näytöllä .....	8
1.2.1 Käytettävyys ja näyttöjen suunnittelu .....	8
1.2.2 Dekoratiivisten, ei-stereoskooppisten syvyysvihjeiden käyttö graafisissa esityksissä .....	9
1.2.3 Tutkimuksen tarkoitus .....	12
<b>2. MENETELMÄT</b> .....	14
2.1 Koehenkilöt .....	14
2.2 Laitteet ja ärsykkeet .....	14
2.3 Kokeen kulku .....	15
<b>3. TULOKSET</b> .....	16
3.1 Hakuajat eri koetilanteissa .....	16
3.2 Subjektiiiviset kokemukset .....	20
<b>4. POHDINTA</b> .....	21
4.1 Tulosten tarkastelua .....	21
4.2 Syvyysvihjeiden merkitys käytettävyyteen .....	22
<b>LÄHTEET</b> .....	23

# 1. JOHDANTO

Tietokoneen graafisiin käyttöliittymiin lisätään nykyään yhä useammin syvyysvihjeitä. Näillä vihjeillä pyritään parantamaan käyttäjän kykyä erottaa oleellinen informaatio vähemmän tärkeästä. Syvyysvihjeitä käytetään esimerkiksi tietokoneavusteisessa suunnittelussa (computer-aided visualization, CAD) ja monimutkaisten tietorakenteiden visuaalisessa esittämisessä (Brown & Gallimore, 1995; Hubona, Shirah & Fout, 1997; Ruddle, Payne & Jones 1997; Ware & Franck, 1996; Wickens, Merwin & Lin, 1994). Syvyysvihjeet voidaan jakaa kahteen pääluokkaan: stereoskooppisiin vihjeisiin, joita käytetään ”virtuaalitodellisuus”- tyyppisissä ympäristöissä ja ei- stereoskooppisiin vihjeisiin, joita voivat olla mm. objektin sijoittuminen osittain toisten objektien päälle, lineaaristen viivojen avulla luotu perspektiivi ja varjostus.

Tässä tutkimuksessa keskitytään ei- stereoskooppisiin vihjeisiin. Tutkimuksessa verrataan visuaalisen haun tehokkuutta eli kykyä etsiä olennaista tietoa epäolennaisen joukosta, silloin kun käytettävissä on syvyysvihjeitä tai kun niitä ei ole. Aikaisemmat tutkimukset ei- stereoskooppisten syvyysvihjeiden vaikutuksesta, esimerkiksi tilastotietoja havainnollistavissa kuvissa, ovat osoittaneet, että joissakin tapauksissa syvyysvihjeet voivat jopa heikentää kuvan ymmärrettävyyttä ja luettavuutta. Esimerkiksi kolmiulotteisiksi piirretyistä pylväs- ja viivakuvioista oli vaikeampi saada täsmällisesti tietoa kuin vastaavista kaksiulotteisiksi piirretyistä kuvioista (Carswell, Frankenberger & Bernhard, 1991; Casali & Gaylin, 1988, ks. kuitenkin Spence, 1990).

## 1.1 Visuaalinen haku

Visuaalisen haun paradigmaa on käytetty laajalti tutkittaessa näköinformaation prosessointia. Sen avulla voidaan tutkia, minkälaiset ärsykkeet prosessoidaan nopeasti ja rinnakkaisesti ilman kohdistettua tarkkaavaisuutta ja mitkä taas vaativat sarjallista prosessointia (Enns & Rensink 1990, 1991; Friedman-Hill & Wolfe 1995; Treisman & Gelade 1980; Treisman & Gormican 1988; Verghese & Nakayama 1994; Wolfe, Cave & Franzel 1989; Wolfe, 1994a).

### 1.1.1 Tarkkaavaisuus ja näköhavaintojen prosessointi

Useiden teorioiden mukaan ihminen käsittelee tietoa sekä passiivisesti että aktiivisesti (Duncan & Humphreys, 1989; Bergen & Julesz, 1983; Palmer, 1994; Treisman & Gelade, 1980; Vergheze & Nakayama, 1994). Passiivisesta tiedonkäsittelystä käytetään myös nimityksiä preattentiivinen tai esitietoinen prosessointi. Passiivinen prosessointi tapahtuu ilman tietoista ohjausta ja automaattisesti. Aktiivisesta tiedonkäsittelystä puolestaan käytetään nimityksiä attentiivinen tai tietoinen prosessointi. Aktiivinen prosessointi edellyttää, että ihminen kohdistaa tarkkaavaisuutensa havaintokohteeseen ja on siis tietoinen havainnostaan.

Aisti-informaation (näkö) käsittelyn alussa prosessit etenevät paralleelista eli rinnakkaisesti. Tällöin ärsykkeiden lukumäärä ei vaikuta tiedonkäsittelyyn kuluvaan aikaan. Rinnakkainen prosessointi on automaattista, nopeaa ja passiivista. Aisti-informaation käsittelyn attentiivisissa vaiheissa prosessoinnin nopeus riippuu ärsykkeiden lukumäärästä. Ärsykeitä ei enää kyetä käsittelemään rinnakkain vaan ne on käsiteltävä seriaalisesi eli sarjallisesti. Sarjallinen prosessointi vaatii aktiivista, kohdistettua tarkkaavaisuutta (Bergen & Julesz, 1983; Treisman & Gelade, 1980; Weichselgartner & Sperling, 1987).

On olemassa eri teorioita siitä, missä informaation käsittelyn vaiheessa ei enää pystytä ärsykkeiden rinnakkaiseen käsittelyyn vaan on kohdistettava tarkkaavaisuus yhteen ärsykkeeseen kerrallaan. Broadbent (1958) esitti informaation prosessoinnin suodatinteorian (filter theory), jonka mukaan samaan aikaan ilmenevistä ärsykkeistä vain yksi käsitellään tarkasti ja loput suodatetaan pois fyysikaalisten ominaisuuksien perusteella (varhainen valinta). Treisman (1964) kehitti Broadbentin suodatinteorian pohjalta vaimennusteorian (attenuation theory), jonka mukaan yksi ärsykkeistä käsitellään tarkasti ja muu informaatio vaimennetaan fyysikaalisten ominaisuuksien perusteella. Treisman oli sitä mieltä, että ”ylimääräisen” informaation prosessointi voi loppua käsittelyn eri vaiheissa tilanteesta riippuen. Broadbentista ja Treismanista poiketen Deutsch ja Deutsch (1963) esittivät, että prosessoinnin kapasiteettiongelma ei ole aisti-informaation käsittelyn tasolla vaan vasta tilanteessa, jossa ärsykkeeseen reagoidaan. Heidän mukaansa aisti-informaation koko merkityssisältö prosessoidaan loppuun saakka ja vasta sitten valitaan, mihin informaation osaan reagoidaan.

### 1.1.2 Visuaalisen haun paradigma

Tyypillisessä visuaalisen haun paradigmaan perustuvassa tehtävässä koehenkilön tulee löytää kohdeärsyke (target) taustaärsykkeiden joukosta (distractors) ja vastata mahdollisimman nopeasti, oliko kohde ärsykenäytöllä vai ei. Tehtävässä mitataan sitä aikaa, mikä kuluu ärsykenäytön ilmaantumisesta koehenkilön antamaan vastaukseen. Visuaalisen haun tehtävässä varioidaan taustaärsykkeiden lukumäärää (set size). Visuaalisen haun tehtävän päätulos on reaktioaikakuvaaja eli kohdeärsykkeen hakuun kuluva aika (ms/ärsyke) taustaärsykkeiden lukumäärän funktiona (set size function). Haun katsotaan olevan tehokasta eli rinnakkaista, jos taustaärsykkeiden lukumäärä ei vaikuta haun nopeuteen. Tällöin myös kuvaajalle piirrettävän suoran kulmakerroin on suunnilleen nolla. Jos kuvaajalle muodostuu kulmakertoimeltaan positiivinen lineaarinen suora eli taustaärsykkeiden lukumäärän lisääminen pidentää koehenkilön reaktioaikaa, tulkitaan että kyseessä on sarjallinen haku. Voidaankin sanoa, että kuvaajan kulmakerroin ilmaisee haun tehokkuuden eli sen, kuinka paljon taustaärsykkeiden määrä hidastaa hakua (Wolfe, 1994a).

### 1.1.3 Piirreintegraatioteoria

Piirreintegraatioteoria pohjautuu Treismanin ja Geladen (1980) tekemiin visuaalisen haun kokeisiin, joissa ärsykkeinä käytettiin mm. erivärisiä kirjaimia. Idea kokeissa oli se, että ensin testattiin tilannetta, jossa haku perustui vain yhteen ärsykepiirteeseen. Tehtävänä oli esimerkiksi etsiä sininen T- tai sininen X- kirjain ruskeiden T- ja vihreiden X- kirjainten joukosta. Kohdeärsyke (sininen T- tai sininen X- kirjain) oli löydettävissä pelkästään värin perusteella eli vain yhden ärsykepiirteen perusteella. Tällaisessa tapauksessa haku oli rinnakkaista eikä taustaärsykkeiden lukumäärän lisääminen siis hidastanut hakua.

Seuraavaksi testattiin tilannetta, jossa haku perustui useamman ärsykepiirteen yhdistämiseen. Tällöin tehtävänä oli esim. etsiä vihreä T- kirjain taustaärsykkeinä olevien ruskeiden T- ja vihreiden X- kirjainten joukosta. Nyt kohdeärsykkeen tunnistamiseen ei enää riittänytään pelkkä väri, vaan tunnistamiseen tarvittiin sekä väri (vihreä) että kirjaimen muoto (T). Kun visuaalinen haku perustui useampaan kuin

yhteen ärsykepiirteeseen, taustaärsykkeiden määrän kasvu hidasti prosessointia ja haku oli sarjallista.

Piirreintegraatioteoria olettaa, että näköinformaation prosessointi voidaan jakaa kahteen vaiheeseen, joista ensimmäisessä käsitellään yksinkertaisia piirteitä (feature) ja toisessa piirteiden yhdistelmiä (feature conjunction) (Treisman & Gelade, 1980). Teoria pyrkii myös selittämään, miten näköärsykkeen erillisistä piirteistä voi muodostua merkityksellinen kokonaisuus (Treisman & Gelade, 1980; Treisman & Gormican, 1988). Yksinkertaisia piirteitä voidaan käsitellä rinnakkaisesti ja passiivisesti, mutta jos ärsykkeen tunnistamiseen tarvitaan enemmän kuin yksi yksittäinen piirre (feature), täytyy tarkkaavaisuus kohdistaa (focused attention) sarjallisesti joka ärsykkeeseen (Treisman & Gelade, 1980). Vasta sitten kun piirteet yhdistetään, saavat niiden yksittäiset ominaisuudet merkityksen. Rinnakkaisesti, ilman kohdistettua tarkkaavaisuutta prosessoitavia ärsykepiirteitä ovat esimerkiksi väri, koko, kirkkaus, ääri viivojen kallistuskulma ja liikkeen suunta (Treisman & Gelade, 1980).

Piirreintegraatioteorian mukaan taustaärsykkeiden lukumäärällä ei siis ole merkitystä siihen, kuinka nopeasti yhden piirteen avulla kohdeärsyke löytyy. Jos kohdeärsykettä etsitään esim. värin perusteella, on samantekevää, onko taustaärsykeitä viisi vai kaksikymmentä. Kun haettava ärsyke voidaan löytää vain piirteitä yhdistelemällä, haku aika kasvaa lineaarisesti taustaärsykkeiden lukumäärän kasvaessa. Silloin kun kohdeärsyke todella löytyy taustaärsykkeiden joukosta (target present), haku kestää keskimäärin puolet siitä ajasta, mikä tarvitaan kaikkien näytössä olevien ärsykkeiden läpikäymiseen. Kun kohdeärsyke ei ole taustaärsykkeiden joukossa (target absent), haku kestää kaksi kertaa kauemmin, koska koko ärsykenäyttö pitää käydä läpi kokonaan, jotta voisi varmistua siitä, ettei kohdeärsyke todellakaan ole näytössä. Hakuprosessi on siis itsepäättävä (self-terminating) eli haun voi lopettaa heti kun kohdeärsyke löytyy, muttei ennen sitä.

Treismanin (Treisman & Gelade, 1980) mukaan ärsykkeiden yksittäiset piirteet ovat toisistaan riippumattomia (free-floating) informaation käsittelyn passiivisessa alkuvaiheessa. Tästä johtuen on mahdollista, että näköjärjestelmä yhdistelee joskus piirteet väärin. Tällaisia virheellisiä yhdistelmiä sanotaan illusorisiksi konjunktioiksi (illusory conjunction). Treisman ja Gelade (1980) ovat tutkineet illusorisia konjunktioita esimerkiksi seuraavasti: koehenkilöille näytettiin kuvaa sinisestä S-kirjaimesta, punaisesta X-kirjaimesta ja vihreästä T-kirjaimesta nopeana väläytyksenä,



niin etteivät koehenkilöt ehtineet keskittää tarkkaavaisuuttaan seriaalisesti ärsykkeiden piirteisiin. Näköjärjestelmän prosessointi jäi siis ”kesken” ja koehenkilöt kertoivat usein nähneensä virheellisiä yhdistelmiä, kuten punaisen S- kirjaimen tai vihreän X- kirjaimen. Käytännön elämässä illusoriset konjunktiot ovat harvinaisia, koska aikaisemmat kokemukset ja odotukset auttavat yhdistelemään piirteitä oikein (Treisman & Gelade, 1980).

Piirreintegraatioteoria on saanut myös tukea neurofysiologisista tutkimuksista. Kädellisillä tehdyt neurofysiologiset tutkimukset osoittavat, että näköinformaatiosta prosessoidaan ensin yksityiskohdat ja vasta sitten kokonaisuudet (De Yoe & Van Essen, 1988; Hubel, 1982). Havaittavan kohteen eri alkeispiirteitä, kuten ääriivivojen väriä ja kallistuskulmaa sekä liikettä prosessoivat siihen erikoistuneet solut (DeYoe & Van Essen, 1988). Ihmisillä tehdyissä PET- tutkimuksissa on voitu todeta, että ärsykepiirteiden yhdisteleminen aktivoi tiettyjä päälaenlohkon alueita (Corbetta, Shulman, Mietzin & Petersen, 1995). Jos nämä alueet vaurioituvat, piirteiden yhdistely vaikeutuu (Friedman- Hill, Robertson & Treisman, 1995).

#### **1.1.4 Piirreintegraatioteorian kritiikkiä**

Piirreintegraatioteorian yksi keskeinen väite on jako rinnakkaisesti prosessoitaviin ärsykepiirteisiin ja sarjallisesti prosessoitaviin ärsykepiirteiden yhdistelmiin. Monissa kokeellisissa tutkimuksissa on kuitenkin saatu tuloksia, jotka eivät tue tämänkaltaista jakoa. Nakayama ja Silverman (1986) tutkivat visuaalista hakua kokeessa, jossa muunneltiin ärsykkeiden väriä, liikkeen suuntaa ja stereosyvyyttä. Kun etsittävä kohdeärsyke poikkesi taustaärsykkeistä vain yhden piirteen osalta, oli haku aika riippumaton siitä, kuinka paljon taustaärsykeitä oli näytössä. Haku oli siis rinnakkaista. Kun kohdeärsyke piti etsiä liikkeen ja värin yhdistelmän perusteella, haku aika kasvoi, kun taustaärsykkeiden lukumäärä kasvoi. Haku tulkittiin sarjalliseksi. Tämä tulos ei poikkea Treismanin (Treisman & Gelade, 1980) tutkimustuloksista.

Sen sijaan Nakayaman ja Silvermanin (1986) kokeen osa, jossa kohdeärsyke oli löydettävissä joko stereosyvyyden ja värin tai stereosyvyyden ja liikesuunnan yhdistelminä osoitti, että tällaisten piirreyhdistelmien haku aika ei ollut riippuvainen taustaärsykkeiden lukumäärästä. Haku säilyi siis yhtä helppona, vaikka taustaärsykkeiden lukumäärää lisättiin. Nakayama ja Silverman (1986) selittivät tuloksen niin, että koehenkilöt etsivät tavallaan vain yhdeltä piirteeltään (väri tai liike)

eroavaa kohdeärsyketä ikään kuin kahdessa syvyytstasossa peräkkäin. Siten he pyrkivät selittämään rinnakkaisen haun mahdollisuutta Treismanin piirreintegraatioteoriasta (Treisman & Gelade, 1980) käsin.

McLeod, Driver ja Crisp (1988) menevät vielä pidemmälle väittäessään, että syvyyden ja värin tai syvyyden ja liikkeen yhdistelmien lisäksi myös liikkeen ja muodon yhdistäminen voi tapahtua rinnakkaisesti eli niin, ettei taustaärsykkeiden lukumäärän kasvu hidasta hakua. He perustelevat väitteensä visuaalisen haun kokeillaan, joissa koehenkilön tehtävänä oli löytää liikkuva X- kirjain (kohdeärsyke) taustana olevien liikkuvien O- ja paikallaan olevien X- kirjainten joukosta. Haku osoittautui rinnakkaiseksi eli taustaärsykkeiden (liikkuvat O- ja paikallaan olevat X- kirjaimet) lukumäärän kasvu ei hidastanut hakua toisin kuin mitä Treismanin piirreintegraatioteorian (Treisman & Gelade, 1980) mukaan olisi ollut odotettavissa.

Lisäksi on huomattava, että kun visuaalisen haun tehokkuutta mitataan erilaisissa tehtävissä ja olosuhteissa, ei tulokseksi saada kahta erilaista kuvaajien luokkaa, jossa toisessa kuvaajat olisivat vaakasuoria (haku rinnakkaista) ja toisessa jyrkästi nousevia (haku sarjallista) (Duncan & Humphreys, 1989). Pikemminkin tuloksena on jatkumo vaakasuorista kuvaajista selkeästi nouseviin kuvaajiin. Treismanin (Treisman & Gelade, 1980) kahtiajako rinnakkaisiin tai sarjallisiin hakuihin on Duncanin ja Humphreysin (1989) mukaan siis liian karkea. Duncan ja Humphreys (1989) ovat osoittaneet tutkimuksissaan, että haku on sitä tehottomampaa, mitä enemmän taustaärsykkeet muistuttavat kohdeärsyketä ja mitä vähemmän taustaärsykkeet muistuttavat toisiaan.

Myös Wolfe ym.(1989) ovat saaneet kokeissaan tuloksia, jotka eivät sovi yhteen Treismanin piirreintegraatioteorian (Treisman & Gelade, 1980) kanssa. Wolfe ym. (1989) tutkivat (1) värin ja muodon, (2) värin ja ääriivivojen kallistuskulman sekä (3) värin ja koon yhdistelmiä. Tuloksista ilmenee muun muassa että vaikka haku aika kasvaakin taustaärsykkeiden lukumäärän lisääntyessä, kasvaa se varsin vähän. Hakuajan ja ärsykkeiden lukumäärän välistä riippuvuutta kuvaavan suoran kulmakertoimet ovat usein varsin loivia. Wolfen (1998) tekemät lisätutkimukset osoittivat myös, että visuaalista hakua ei voida jakaa karkeasti rinnakkaisen ja sarjallisen haun luokkiin, vaan eri koetilanteissa mitattujen kulmakertoimien jakauma on jatkuva. Lisäksi Wolfen (1998) tutkimuksesta käy myös ilmi, että negatiivisista (kohdeärsyke ei ole näytössä) ja positiivisista (kohdeärsyke on näytössä) tilanteista piirrettyjen suorien kulmakertoimien suhde on suurempi kuin Treismanin (Treisman & Gelade, 1980) oletama 2:1.

Yhteenvedon voidaan siis todeta, että suorien kulmakertoimia voidaan käyttää mitattaessa prosessoinnin tehokkuutta, mutta yksiselitteistä jakoa rinnakkaiseen ja sarjalliseen prosessointiin ei voi tehdä pelkästään niiden perusteella.

### **1.1.5 Wolfen ohjatun haun malli**

Piirreintegraatioteoria (Treisman & Gelade, 1980) olettaa, että kohdistettua tarkkaavaisuutta vaativa sarjallinen haku ei hyödyntäisi millään tavoin varhaisemmista, rinnakkaisista prosesseista saatua tietoa. Jos esimerkiksi sinisten ja punaisten vaakaja pystysuorien viivojen joukosta pitää löytää sininen pystysuora viiva, hakua ei piirreintegraatioteorian mukaan voi rajata pelkästään sinisiin viivoihin, vaan kaikki ärsykkeet on käytävä läpi. Wolfe (1994a; Wolfe ym., 1989) pyrkii omassa mallissaan korjaamaan tämän oletuksen ja selittämään piirreintegraatioteorialle ongelmallisia koetuloksia.

Wolfen (1994a) ohjatun haun mallissa kohdistettua tarkkaavaisuutta ohjaavat varhaisista, rinnakkaisista prosesseista saatu tieto ja toisaalta koehenkilön tiedot etsittävästä kohteesta. Tämänkaltaista tarkkaavaisuuteen vaikuttamista Wolfe (1994a) kutsuu aktivaatioksi. Rinnakkaiset prosessit, jotka analysoivat ärsykkeiden alkeispiirteitä, aktivoivat sellaisia näkökentän alueita voimakkaasti, jotka eroavat kyseessä olevan piirteen suhteen ympäristöstään. Esimerkiksi yksittäinen vaakasuora viiva pystysuorien joukossa aiheuttaa voimakkaan aktivaation. Hakua suorittava henkilö puolestaan aktivoi kohtia, joiden piirteet sopivat etsittävään kohteeseen. Hakija voi esimerkiksi aktivoida kaikki siniset ärsykkeet ja pystyy siten suuntaamaan hakunsa pienempään (sinisen väriseen) osajoukkoon (subset). Tämä tehostaa luonnollisesti hakua.

Visuaalista hakua on tutkittu yleensä kokeilla, joissa käytettävät ärsykkeet ovat hyvin yksinkertaisia, esimerkiksi yksinkertaisia muotoja (ympyrä, neliö) tai kirjaimia paljaalla taustalla. Yksinkertaisten ärsykkeiden avulla on ollut mahdollista määritellä tutkittavat ärsykepiirteet selvästi. Normaali ärsykeympäristö on usein kuitenkin paljon monimutkaisempi, koska siinä esiintyy usein säännöttömästi sijoittuvia, osittain toisensa peittäviä kohteita epäyhtenäisellä taustalla. Wolfe (1994b) on tutkinut visuaalista hakua myös luonnonmukaisemmalla ärsykemateriaalilla, jossa koehenkilöiden tuli etsiä kohdeärsykeitä keinotekoisesti luoduista kartoista ja ilmakuvista. Tulokset olivat hyvin samankaltaisia kuin yksinkertaisilla laboratorioärsykkeillä saadut tulokset. Tämä tukee

sitä oletusta, että yksinkertaistetuissa olosuhteissa tehtyjen kokeiden tuloksia voidaan soveltaa myös ekologisesti aidompiin ympäristöihin.

## **1.2 Syvyysvihjeet tietokoneen näytöllä**

### **1.2.1 Käytettävyys ja näyttöjen suunnittelu**

Nykyisissä tietokoneen käyttöliittymissä käytetään yleisesti pieniä kuvakkeita eli ikoneita kuvaamaan esimerkiksi sovellustyökaluja ja antamaan informaatiota erilaisista toiminnoista sekä käytettävistä ohjelmista (Gittins, 1986; Preece, 1994).

Tässä tutkimuksessa on tarkoituksena selvittää ikonissa olevien syvyysvihjeiden merkitystä visuaalisen haun tehokkuuteen eli siihen, kuinka nopeasti kohdeikoni löytyy käyttöliittymästä. Tämänkaltaisen visuaalisen haun tehokkuus liittyy käytettävyyteen. Käytettävyys on yksi ihmisen ja tietokoneen välisen vuorovaikutuksen (human-computer interaction, HCI) keskeisistä tutkimusalueista. Käytettävyydellä tarkoitetaan tietokonejärjestelmän käytön helppoutta ja miellyttävyyttä sekä opittavuutta ja tehokkuutta (Helander, Landauer ja Prabhu, 1997; Nielsen, 1994; Shneiderman, 1998). Ihmisen ja tietokoneen välistä vuorovaikutusta käsittelevässä kirjallisuudessa mainitaan usein, että käytettävyystutkimusta tehtäessä tulisi huomioida monien eri tieteiden, muiden muassa psykologian, asiantuntemus. Psykologian alalla tehtyä visuaalisen haun tutkimusta ei kuitenkaan ole juurikaan hyödynnetty ihmisen ja tietokoneen välistä vuorovaikutusta tutkittaessa.

Tullisin (1997) laajan katsauksen mukaan tietokoneen näyttöjen suunnittelussa on käytetty tietolähteinä psykologista perustutkimusta, käytettävyystutkimusta, suunnittelijoiden ja käyttäjien kokemusta sekä graafisen suunnittelun kokemusta. Graafisia käyttöliittymiä ei ole kokeellisesti tutkittu kovin yksityiskohtaisesti vaan lähinnä vertaamalla kahta kokonaista käyttöliittymää toisiinsa. Tullis (1997) löytää katsauksessaan kuitenkin joitakin käytettävyyteen myönteisesti vaikuttavia tekijöitä. Niitä ovat esimerkiksi korostukset, kuten alleviivaus tai vilkkuminen sekä näytön yleinen asettelu.

### 1.2.2 Dekoratiivisten, ei-stereoskooppisten syvyysvihjeiden käyttö graafisissa esityksissä

Erilaisiin graafisiin esityksiin voidaan nykyisin tietokoneohjelmin lisätä helposti syvyysvihjeitä (Preece, 1994). Kun tietokoneiden grafiikkaohjelmat ovat kehittyneet, kuvaajiin on ruvettu lisäämään yhä useammin dekoratiivisia perspektiivivihjeitä, joiden avulla pyritään luomaan kuvaan kolmiulotteinen vaikutelma (Carswell ym., 1991). Syvyysvihjeitä lisäämällä pyritään parantamaan käyttäjän kykyä erottaa olennainen informaatio epäolennaisen joukosta. Dekoratiivisia, ei-stereoskooppisia syvyysvihjeitä voivat olla muun muassa objektien sijoittuminen osittain toisten objektien päälle, perspektiivi ja varjostus (Preece, 1994). Kuvaajia, joissa on käytetty dekoratiivisia perspektiivivihjeitä, löytyy yleisesti esimerkiksi sanomalehdistä, tieteellisestä kirjallisuudesta, televisiomainoksista ja yritysten rahatalouskatsauksista (Carswell ym., 1991). Näiden syvyysvihjeiden vaikutuksia kuvan informaatioisisällön ymmärtämiseen ja muistamiseen on kuitenkin tutkittu vain vähän (Carswell ym., 1991).

Vaikka kokeellisia tutkimuksia dekoratiivisten syvyysvihjeiden merkityksestä graafisissa kuvaajissa ei juurikaan ole tehty, pitävät monet tutkijat tällaisia syvyysvihjeitä turhina tai jopa haitallisina (Carswell ym., 1991). Spence (1990) selittää tätä sillä, että kielteisesti dekoratiivisiin syvyysvihjeisiin suhtautuvat tutkijat olettavat kolmiulotteisten kuvaajien ymmärtämisen riippuvan kyvystämme arvioida määrää (volume). Tämän kyvyn on joissakin tutkimuksissa todettu olevan varsin rajallinen. Spencen (1990) mukaan on myös mahdollista, että kielteinen asenne johtuu siitä, että helposti ajatellaan kolmiulotteisen informaation käsittelyn olevan monimutkaisempaa ja siksi hitaampaa kuin kaksiulotteisen informaation käsittelyn.

Vaikka toiset tutkijat pitävät dekoratiivisia syvyysvihjeitä kuvaajissa pelkkinä koristeina, ovat toiset taas sitä mieltä, että vihjeistä voi olla myös hyötyä. Spence (1990) tutki kokeissaan yksinkertaisia graafisia elementtejä, kuten kaksiulotteisia pylväskuvioita ja dekoratiivisilla syvyysvihjeillä kolmiulotteisiksi luotuja pylväskuvioita. Koehenkilöiden tuli verrata ensin esimerkiksi kaksiulotteisia pylväskuvioita ja vastata, minkälaista osuutta jostakin asiasta kumpikin kuvio esittää eli pylväskuvioiden kokoa. Samanlainen vertailu tehtiin kolmiulotteisten pylväskuvioiden välillä. Vertailussa oli mukana myös muun muassa sylinterimäisiä pylväskuvioita, viipalekuvioita sekä yksiulotteisia viivakuvioita. Tutkimukset osoittivat, että silloin kun ainoastaan jokin yksiulotteinen ominaisuus, esimerkiksi pylvään pituus, oli se

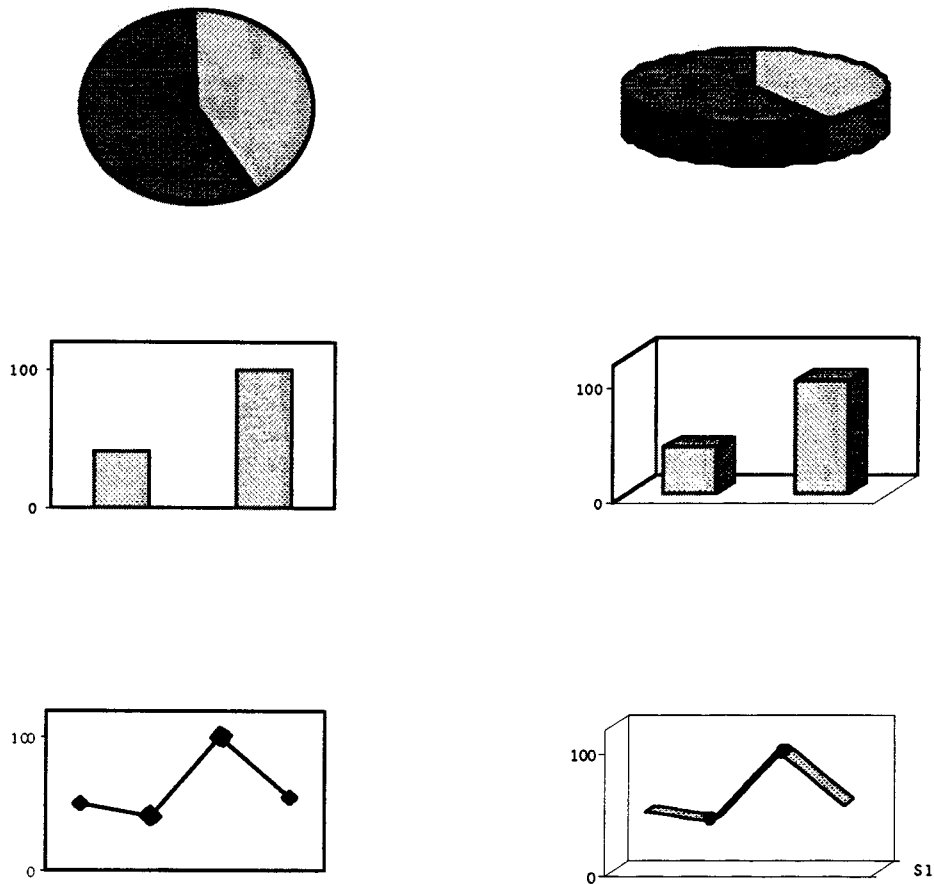
olennainen tekijä, jonka avulla kokovertilu voitiin suorittaa, ei dekoratiivisen perspektiivin lisääminen kuvioon vaikuttanut suoritusta alentavasti. Spence (1990) mittasi myös vastausten nopeutta, ja tuloksista ilmeni, että kuvioiden kaksi – ja kolmiulotteisuus nopeutti vastaamista verrattuna yksiulotteisiin kuvioihin.

Casali ja Gaylin (1988) suorittivat kokeen, jossa koehenkilöiden tuli mahdollisimman nopeasti ja täsmällisesti (1) määrittää graafisesta esityksestä tarkka numeroarvo, (2) arvioida kahden tai useamman pisteen välillä, kumpi esittää suurempaa (tai pienempää) arvoa, (3) määrittää kuvioista trendi (esimerkiksi laskeva tai nouseva) ja (4) vertailla kuvion trendejä keskenään. Vertailua suoritettiin kaksiulotteisten ja kolmiulotteisten pylväskuvioiden välillä. Graafisten esitysten monimutkaisuutta varioitiin lisäämällä tai vähentämällä esimerkiksi pylväiden määrää kuviossa ja tekemällä määrittely- ja vertailukysymyksistä helpompia tai vaikeimpia. Lopuksi kysyttiin koehenkilöiden subjektiivisia kokemuksia heidän kuormittuneisuudestaan eri koetilanteissa. Myös virheiden esiintymistä eri tilanteissa testattiin. Tuloksista kävi ilmi, että silloin, kun kyseessä oli kolmiulotteinen pylväskuvio, tehtävistä suoriutumiseen kului enemmän aikaa, kuin jos kyseessä oli muunlainen graafinen kuvaaja. Casali & Gaylin (1988) toteavatkin, ettei tehtävissä, jotka vaativat trendien tunnistamista, tulisi käyttää kolmiulotteisia pylväskuvioita.

Myös joissakin suunnitteluoppaissa suositellaan perspektiivin lisäämistä kuvaajiin mielenkiinnon herättämiseksi (esim. Lefferts, 1981). Tätä on perusteltu sillä, että jos kuvaajista tehdään kiinnostavan ja esteettisesti miellyttävän näköisiä perspektiivin lisäämisen avulla, lisää se käyttäjän halua tutustua kuvaajaan perusteellisesti. Tämän on ajateltu lisäävän kuvaajasta saatavan informaation ymmärrystä ja muistamista. Perspektiivin lisäämisellä voidaan vaikuttaa myös mielikuviiin. Carswellin ym. (1991) tutkimuksesta ilmenee, että käyttäjät arvioivat sellaisen yliopiston modernimmaksi ja joukosta paremmin erottuvaksi, jonka tuottamissa kuvaajissa oli käytetty syvyysvihjeitä, kuin sellaisen yliopiston, jonka kuvaajissa vihjeitä ei ollut käytetty. Syvyysvihjeillä ei ollut kuitenkaan mitään merkitystä siihen, kumpaan yliopistoon käyttäjät halusivat hakea.

Carswell ym. (1991) tekivät kokeen, jossa he esittivät koehenkilöille viipale-, pylväs- ja viivadiagrammeja, kaksi kutakin kappaletta, joista toinen oli kaksiulotteinen (2D) ja toiseen oli lisätty perspektiiviä kolmiulotteisen mielikuvan rakentamiseksi (3D) (kuvio 1). Koehenkilöiden tuli arvioida kustakin 2D/ 3D – parista kuvioiden tiettyjen

osien ilmaisema prosenttiosuus. Esimerkiksi viipalekuvioissa tuli arvioida, kuinka monta prosenttia sadasta tummennettu alue kattaa. Pylväskuvioissa tuli arvioida pienemmän pylvään prosenttiosuutta isommasta eli sadasta prosentista ja viivakuvioissa piti arvioida, kuinka monta prosenttia alempana olevan pisteen merkitsemä kohta oli ylempänä olevan pisteen kohdasta eli sadasta prosentista. Ensin siis verrattiin kaksi- ja kolmiulotteista viipalekuviota, sitten kaksi- ja kolmiulotteista pylväskuviota ja lopuksi kaksi- ja kolmiulotteista viivadiagrammia. Tuloksista ilmeni, että viivadiagrammi – tapauksessa dekoratiiviset syvyysvihjeet (3D) häiritsivät suoritusta ja koehenkilöt arvioivat prosenttiosuuden toistuvasti liian alhaiseksi.



KUVIO 1. Esimerkit koehenkilöiden katsomista kuvista heidän tehdessään suhteellisia kokoarvioita kaksi- (vasemmalla) ja kolmiulotteisista (oikealla) viipale-, pylväs- ja viivakuvioista. Pienempi arvioitava koko on joka kuvassa 41% suuremmasta.

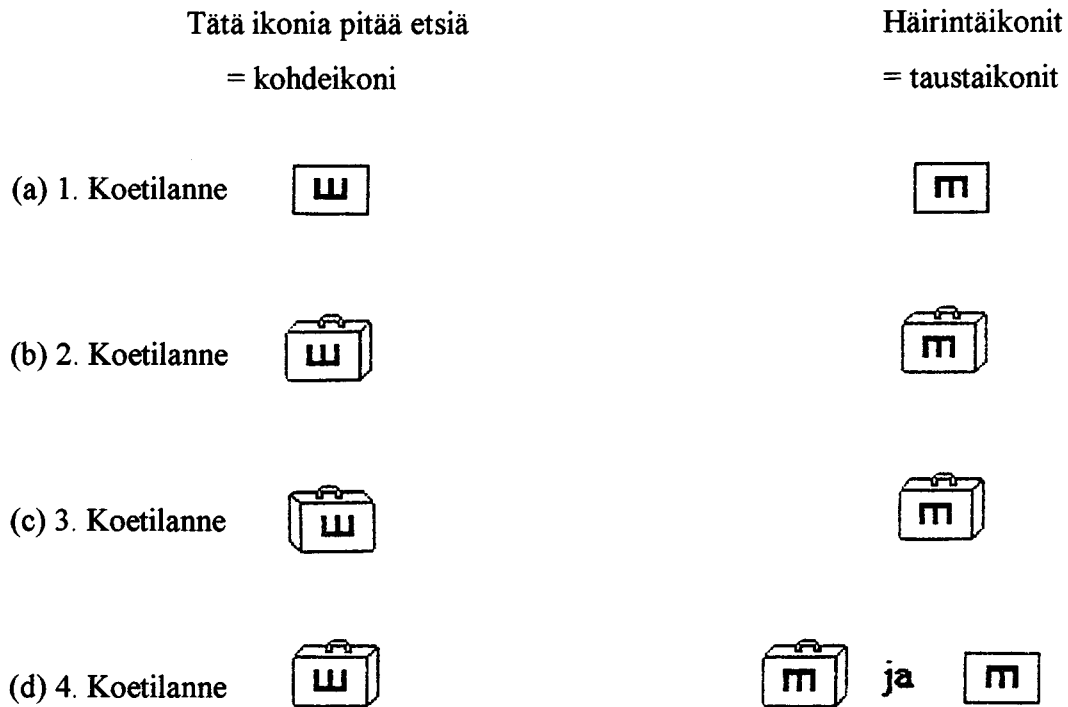
Kokeen toisena osana oli arvioida kuvaajiin merkittyjen pisteiden arvoja ja yleisiä trendejä kuvaajista, oliko kyseessä esimerkiksi nouseva vai laskeva trendi. Tässäkin tapauksessa vain viivadiagrammi – tapauksessa syvyysvihjeet heikensivät tulosta. Carswellin ym. (1991) samoin kuin Casalin ja Gaylinin (1988) tutkimukset osoittavat, että dekoratiivisista syvyysvihjeistä voi olla haittaa monenlaisissa tehtävissä eikä niitä sen vuoksi tulisi lisätä kaikkiin kuvioihin. Carswell ym. (1991) eivät kuitenkaan väitä, etteikö dekoratiivisista syvyysvihjeistä joissakin tilanteissa saattaisi olla hyötyä ja he ovatkin sitä mieltä, että jatkotutkimukset aiheesta ovat paikallaan.

### 1.2.3 Tutkimuksen tarkoitus

Nykyaikaisissa ihminen-tietokone –käyttöliittymissä käytetään pieniä kuvakkeita eli ikoneita edustamaan järjestelmän eri objekteja (Gittins, 1986; Preece, 1994). Tässä tutkimuksessa selvitettiin, onko ikoneihin lisätyistä dekoratiivista, ei-stereoskooppisista syvyysvihjeistä hyötyä, toisin sanoen parantavatko ne käytettävyyttä. Kokeet perustuivat visuaalisen haun paradigmaan eli tutkittiin, kuinka tehokkaasti koehenkilöt löysivät kohdeikonin taustaikonien joukosta silloin, kun syvyysvihjeitä ei ollut ja toisaalta kun niitä oli lisätty ikoneihin. Kokeeseen osallistujat etsivät kohdeikonia neljässä erilaisessa koetilanteessa (kuvio 2).

Ensimmäisessä koetilanteessa (2D) näyttö ei sisältänyt mitään syvyysvihjeitä, ei kohdeikonissa eikä taustaikoneissa (kuvio 2a). Tämä koetilanne toimi vertailukohteena verrattaessa visuaalisen haun tehokkuutta muissa koetilanteissa. Toisessa koetilanteessa (identtiset 3D- orientaatiot) sekä kohdeikoni että taustaikonit sisälsivät syvyysvihjeitä (vrt. Enns & Rensink, 1990, 1991), jotka saivat aikaan samanlaisen kolmiulotteisen orientaation sekä kohde- että taustaikoniin (kuvio 2b). Kolmannessa koetilanteessa (erilaiset 3D-orientaatiot) syvyysvihjeet olivat erilaiset kohde- ja taustaikoneissa ja kohdeikoni pystyttiin siis erottamaan taustaikoneista erilaisen kolmiulotteisen orientaation perusteella (kuvio 2c). Neljännessä koetilanteessa ("haku alaryhmässä") kohdeikoni sisälsi syvyysvihjeitä, ja kohdeikoni piti löytää taustaikonien joukosta, joista osassa oli orientaatioltaan samanlaisia syvyysvihjeitä kuin kohdeikoneissa, ja joista osassa ei ollut syvyysvihjeitä lainkaan (kuvio 2d). Tämän koetilanteen tarkoituksena oli selvittää, pystyivätkö koehenkilöt keskittämään hakunsa valikoivasti vain ikonijoukkoon, jotka sisälsivät syvyysvihjeitä ja suorittaman kohdeikonin haun tästä alajoukosta (vrt. Friedman-Hill & Wolfe, 1995; Wolfe ym., 1989).





KUVIO 2. Neljässä koetilanteessa käytetyt kohde- ja taustaelementit: (a)2D, (b)identtiset 3D-orientaatiot, (c)erilaiset 3D-orientaatiot ja (d) ”haku alaryhmässä”.

Kaikissa neljässä koetilanteessa kohdeikoni oli löydettävissä pienen, ikonin sisällä olevan E-kirjaimen orientaation perusteella. Kaikissa koetilanteissa kohdeikonissa oli orientaatioltaan ”selällään” oleva E-kirjain kun taas taustana olevissa ikoneissa E-kirjain oli orientaatioltaan ”mahallaan” (kuvio 2). Koehenkilöiden tehtävänä oli vastata, oliko näytössä yksi ikoni, jossa oli orientaatioltaan ”selällään” oleva ikoni (=kohdeikoni) vai olivatko kaikki ikonit sellaisia, että niiden sisällä oli orientaatioltaan ”mahallaan” oleva ikoni (=taustaikonit) eli antaa vastaus, oliko kohdeikoni näytössä vai ei. Koehenkilön vastausta, jossa kohdeikoni oli näytössä, kutsutaan ”kohde läsnä”- tilanteeksi ja vastausta, jossa kohdeikoni ei ollut näytössä kutsutaan ”kohde poissa” – tilanteeksi.

Taustaikonien lukumäärää näytössä varioitiin satunnaisesti. Aika, joka kului ärsykenäytön eli ikonien ilmaantumisesta oikean vastauksen antamiseen, mitattiin. Reaktioaika mitattiin sekä tilanteista, joissa kohdeikoni oli näytössä että tilanteista, joissa se ei ollut näytössä. Reaktioajan ja taustaikonien lukumäärän välistä funktiota kuvaavan suoran kulmakerroin määrittä haun tehokkuuden, toisin sanoen koetilanteiden vertaamisessa toisiinsa käytettiin hyväksi reaktioajan ja taustaikonien lukumäärän funktion kulmakerrointa.

## 2. MENETELMÄT

### 2.1 Koehenkilöt

Kukaan viidestätoista vapaaehtoisista koehenkilöstä (iältään 19-34 vuoden välillä) ei ollut tietoinen kokeiden tarkoituksesta ja metodeista eikä yksikään heistä ollut osallistunut aikaisemmin visuaalisen haun kokeisiin. Kolmelta toista koehenkilöllä ei ollut aikaisempaa kokemusta Macintosh – käyttöjärjestelmästä, ja kahden osallistujan kokemus oli kolme vuotta tai sitä vähemmän. Kaksitoista koehenkilöä opiskeli yliopistossa, kaksi oli suorittanut opistoasteen tutkinnon ja oli työelämässä ja yksi oli ylioppilas. Kaikilla oli normaali tai silmälaseilla normaaliksi korjattu näkö.

### 2.2 Laitteet ja ärsykkeet

Ärsykenäyttö tuotettiin ja reaktioajat kerättiin Apple Macintosh <sup>TM</sup>-tietokoneella ja Vsearch <sup>TM</sup>-ohjelmalla (Enns, Ochs, & Rensink, 1990). Jokainen ärsyke-elementti (ikoni) koostui pienestä viivoin rajatusta alueesta, jonka sisällä oli E-kirjain (kuvio 2). Viivat ja E-kirjaimet olivat tummia ( $0.5 \text{ cd/m}^2$ ) valkoisella taustalla ( $130 \text{ cd/m}^2$ ). Koehenkilön katseluetäisyys näytöltä oli 60 cm.

Kaikissa neljässä koetilanteessa kohde-elementtinä oli ikoni, jossa oli orientaatioltaan ”selällään” oleva E-kirjain, kun taas taustaelementteinä olivat ikonit, joissa oli orientaatioltaan ”mahallaan” oleva E-kirjain. Sekä ”selällään” että ”mahallaan” olevien E-kirjainten leveys ja korkeus olivat noin  $0.4^\circ \times 0.2^\circ$ . Jokaisessa näyttökerrassa sekä kohde- että taustaikonit sijoituivat satunnaisesti kuvitteelliselle  $5 \times 4$  ruudukolle ( $11^\circ \times 7^\circ$ ).

Ilman syvyysvihjeitä olevassa koetilanteessa (2D), E-kirjain oli pienen, kooltaan  $0.9^\circ \times 0.6^\circ$  olevan suorakulmion sisällä (kuvio 2a). Koetilanteessa, jossa kohde- ja taustaikonit olivat orientaatioltaan samanlaiset (identtiset 3D-orientaatiot), kolmiulotteisen vaikutelman aikaansaavat syvyysvihjeet oli lisätty jokaisen E-kirjaimen ympärille siten, että E-kirjain oli pienen ”matkalaukun” sisällä (kuvio 2b). Matkalaukkujen kolmiulotteiset orientaatiot olivat identtiset kohde- ja taustaikoneissa. Koetilanteessa, jossa kohde- ja taustaikonit erosivat toisistaan orientaatioltaan (erilaiset 3D-orientaatiot), E-kirjaimet olivat muuten samanlaisten matkalaukkujen sisällä, kuin

identtiset 3D-orientaatiot – tilanteessa, paitsi että orientaatiot kohde- ja taustaikoneissa olivat nyt erilaiset (kuvio 2c). ”Haku alaryhmässä” – tilanteessa kohdeikoni (”selällään” oleva E-kirjain) oli kolmiulotteisen matkalaukun sisällä ja taustaikonit olivat joko samanlaisen orientaation omaavan matkalaukun tai kaksiulotteisen suorakulmion sisällä (kuvio 2d).

### **2.3 Kokeen kulku**

Varsinaista ärsykenäyttöä edelsi ruudun keskelle ilmestyvä musta varoituspiste, minkä jälkeen ärsykkeet olivat näkyvissä ruudulla kunnes koehenkilö vastasi. Kaikissa neljässä koetilanteessa osallistujien tehtävänä oli vastata mahdollisimman nopeasti, oliko ”selällään” olevan E-kirjaimen sisältävä kohdeikoni näytössä vai olivatko kaikkien ikonien E-kirjaimet ”mahallaan” eli oliko näytössä pelkkiä taustaikoneita. Molemmat vastausvaihtoehdot esiintyivät satunnaisesti ja olivat yhtä todennäköisiä. Osallistujat antoivat vastauksensa käyttämällä Macintoshin näppäimistöä ja oikeiden vastausten reaktioaika mitattiin näytön ilmaantumisesta kuvaruudulle.

Mittaukset alkoivat joka koetilanteessa 20 näyttökerran harjoitussarjalla. Harjoitussarjan jälkeen koehenkilö suoritti 60 näyttökerran sarjan ja tästä 60 näyttökertaa sisältävästä sarjasta kerättiin lopullinen koeaineisto. Koetilanteiden välillä pidettiin pieni tauko. Taustaikonien lukumäärää (1, 9 tai 19) varioitiin satunnaisesti ärsykenäytössä. Neljän eri koetilanteen esiintymisjärjestys oli satunnainen jokaisella koehenkilöllä.

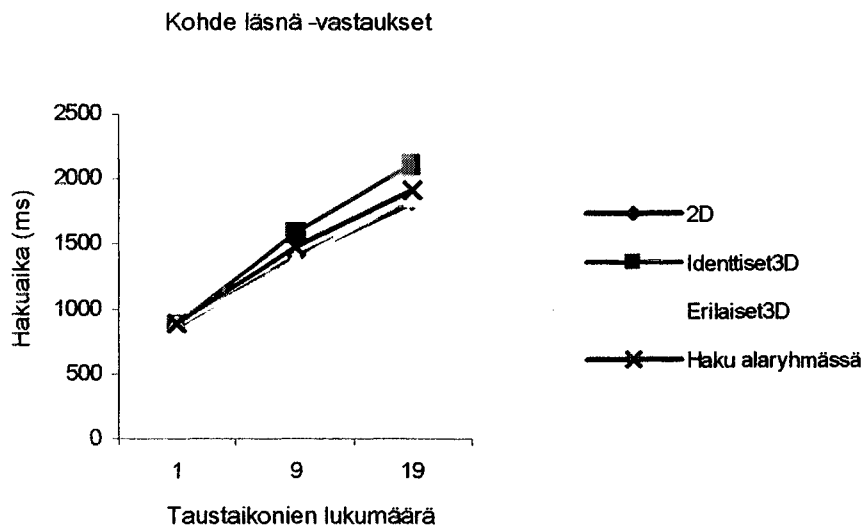
Kokeen lopussa, kun kaikki koetilanteet oli käyty läpi, koehenkilöiden tuli laittaa koetilanteet järjestykseen sen mukaan, mikä oli helpoin, mikä seuraavaksi helpoin ja niin edelleen.

### 3. TULOKSET

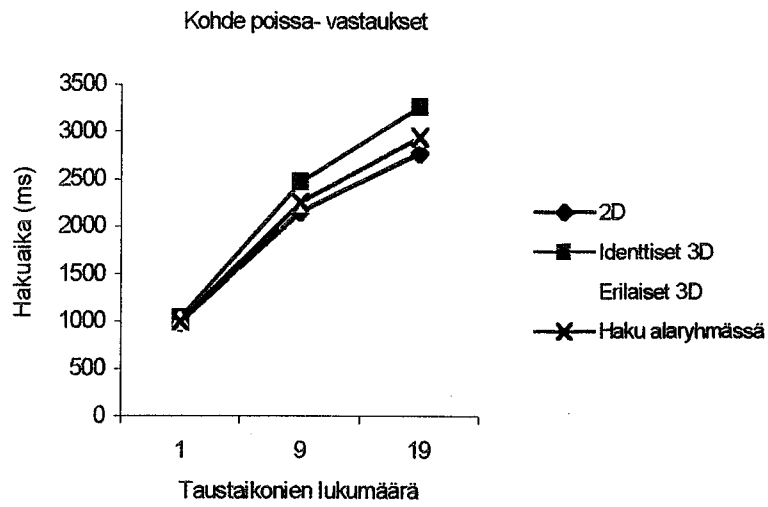
Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia syvyysvihjeiden merkitystä visuaalisen haun tehtävässä, jossa etsittiin kohdeikoneita taustaikonien joukosta. Tutkimus pyrki selvittämään, onko dekoratiivisilla syvyysvihjeillä haitallinen vaikutus haun tehokkuuteen.

#### 3.1 Hakuajat eri koetilanteissa

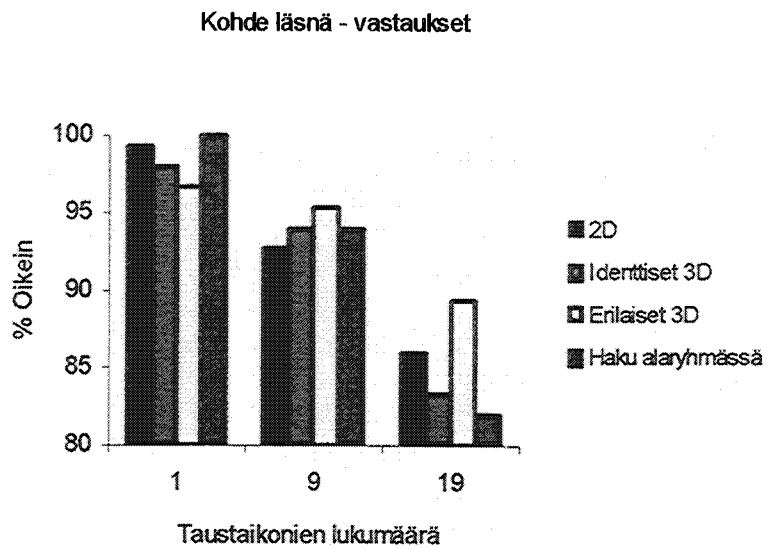
Kuvioista 3 a ja b näkyvät hakuajojen keskiarvot neljässä koetilanteessa (2D, identtiset 3D-orientaatiot, erilaiset 3D-orientaatiot ja ”haku alaryhmässä”) taustaikonien lukumäärän funktiona.



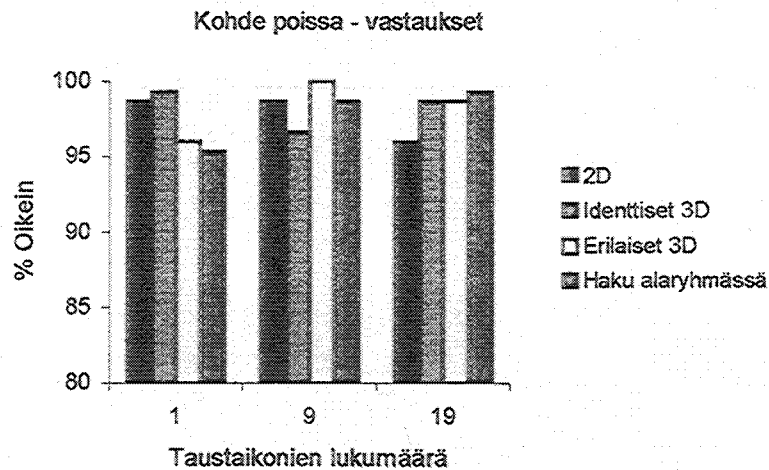
KUVIO 3a. Kohdeikoni läsnä - vastauksista saatujen hakuajojen keskiarvot taustaikonien funktiona eri koetilanteissa.



KUVIO 3b. Kohdeikoni poissa – vastauksista saatujen hakuajojen keskiarvot taustaikoniien funktiona eri koetilanteissa.



KUVIO 3c. Oikeiden vastausten osuus eri koetilanteissa, kun kohdeikoni on läsnä.



KUVIO 3d. Oikeiden vastausten osuus eri koetilanteissa, kun kohdeikoni ei ole läsnä.

Haun tehokkuutta verrattiin eri koetilanteiden välillä sovittamalla lineaariset regressiosuorat hakuajoihin. Regressiosuorien kulmakertoimet olivat tilastollisesti merkitsevästi positiiviset ja kaikki olivat myös suurempia kuin 50 ms/elementti ”kohdeikoni läsnä” – tilanteissa. (Taulukko 1). ”Kohdeikoni läsnä” – tilanteessa haku oli noin kaksi kertaa nopeampaa kuin ”kohdeikoni poissa” – tilanteessa, jossa hakuajat olivat noin 100 ms. ”Kohdeikoni poissa” – ja ”kohdeikoni läsnä” – tilanteissa kulmakertoimien suhde oli siis suunnilleen 2:1, mikä tukee käsitystä, että haku oli sarjallista. Silloin, kun kohdeikoni ei ole näytöllä, täytyy koko näyttö käydä läpi, jotta voisi varmistua, ettei se todellakaan ole siellä. Tämä kertoo siitä, ettei haku voi olla rinnakkaista vaan se on sarjallista, koska ikonit oli ilmeisesti käytävä yksitellen läpi. Haku oli hidasta myös ”kohdeikoni läsnä” – tilanteessa, ja myös se viittaa siihen, ettei haku ollut rinnakkaista vaan sarjallista luonteeltaan. Identtiset 3D- orientaatiot – tilanteessa hakuajat ovat hieman hitaampia kuin muissa koetilanteissa (Taulukko 1). Varianssianalyysin tulos on kuitenkin vain suuntaa antava, muttei tilastollisesti merkitsevä. Koetilanteet eivät eroa toisistaan hakuajojen suhteen ”kohdeikoni läsnä” – tilanteessa,  $F(3,42) = 2.254$ ,  $p > 0.05$  eivätkä myöskään ”kohdeikoni poissa” – tilanteessa  $F(1.797,42) = 2.538$ ,  $p > 0.05$ .

Joskus reaktioaikamittauksissa on havaittavissa niin sanottu ”trade-off” – ilmiö. Tämä tarkoittaa sitä, että taustaelementtien määrän ollessa vähäinen koehenkilöt suoriutuvat hausta nopeasti, mutta tekevät paljon virheitä. Sen sijaan, kun

taustaelementtien lukumäärä on suurempi, he tulevat kriittisemmiksi virheitä kohtaan, ja virheiden määrä vähenee hakuajan puolestaan kasvaessa. Tällaista ”trade-off” – ilmiötä ei ollut kuitenkaan havaittavissa tässä tutkimuksessa, vaan ”kohdeikoni läsnä” – tilanteessa virheiden määrä kasvoi taustaikonien lukumäärän kasvaessa,  $F(2,28)=26.241$ ,  $p<0.001$  ja koetilanteiden välillä ei ollut eroja oikeiden vastausten määrässä,  $F(3,42)=0.563$ ,  $p>0.05$  (Kuvio 3c). ”Kohdeikoni poissa” –tilanteessa taustaikonien lukumäärä ei vaikuttanut virheiden määrään,  $F(2,28)=1.159$ ,  $p>0.05$  eikä koetilanteiden välillä ollut myöskään eroa oikeiden vastausten määrässä,  $F(1.670,23.378)=0.111$ ,  $p> 0.05$  (Kuvio 3d).

**TAULUKKO 1.** Hakuaikeihin sovitettujen regressiosuorien kulmakertoimet (ms/elementti) ja keskihajonnat neljässä koetilanteessa. Jos kulmakerroin eroaa merkitsevästi nolasta, se on merkitty \*\*\* ( $p<0.001$ ). Viimeinen sarake osoittaa poissa – ja läsnä - vastausten kulmakertoimien suhteen.

<b>Poissa/Läsnä</b>	<b>Kohdeikoni</b>		<b>Suhde</b>
	<b>Läsnä</b>	<b>Poissa</b>	
	<b>Kulma- kerroin</b>	<b>Kulma- kerroin</b>	
<b>Koetilanne</b>			
2D	53±7***	98±10***	1.9
Identtiset 3D- Orientaatiot	68±9***	122±15***	1.8
Erilaiset 3D- Orientaatiot	55±7***	107±10***	2.0
Haku alaryhmässä	57±8***	107±11***	1.9

### 3.2 Subjektiiiset kokemukset

Koehenkilöitä pyydettiin kokeen lopussa asettamaan koetilanteet vaikeusasteen mukaiseen järjestykseen. Taulukosta 2 näkyy koehenkilöiden subjektiiiset arviot siitä, mikä oli helpoin ja mikä vaikein koetilanne. Koehenkilöitä oli yhteensä viisitoista, ja yksi koehenkilöistä ei osannut asettaa koetilanteita järjestykseen, vaan piti niitä vaikeusasteeltaan samanlaisina. Kyselyyn siis vastasi varsinaisesti 14 koehenkilöä. Mielipiteet vaikeusasteesta jakaantuivat melko tasaisesti, eikä vastauksista tullut esiin mitään selviä trendejä.

TAULUKKO 2. Koehenkilöiden subjektiiiset arviot eri koetilanteiden vaikeusasteesta

	<b>Helpoin koetilanne</b>	<b>Vaikein koetilanne</b>
	Koehenkilöiden lukumäärä	Koehenkilöiden lukumäärä
<b>Koetilanne</b>		
2D	5/14	4/14
Identtiset 3D-Orientaatiot	4/14	1/14
Erilaiset 3D-Orientaatiot	4/14	3/14
Haku alaryhmässä	1/14	6/14



## 4. POHDINTA

Tässä tutkimuksessa selvitettiin dekoratiivisten, ei-stereoskooppisten syvyysvihjeiden vaikutusta visuaalisen haun tehokkuuteen esittämällä koehenkilöille visuaalisen haun paradigmaan perustuvia tehtäviä. Tehtävänä oli etsiä kohdeikoni taustaikonien joukosta mahdollisimman nopeasti neljässä eri koetilanteessa. Tutkimuksessa haluttiin selvittää, hidastaako kohdeikoniin dekoratiivisten syvyysvihjeiden avulla luotu kolmiulotteinen vaikutelma koehenkilöiden visuaalista hakua.

### 4.1 Tulosten tarkastelua

”Kohdeikoni läsnä” – tilanteessa haku oli noin kaksi kertaa nopeampaa (noin 50 ms) kuin ”kohdeikoni poissa” – tilanteessa, jossa hakuajat olivat noin 100 ms. ”Kohdeikoni poissa” – ja ”kohdeikoni läsnä” – tilanteissa kulmakertoimien suhde on suunnilleen 2:1, mikä tukee käsitystä, että haku oli sarjallista. Silloin, kun kohdeikoni ei ole näytöllä, täytyy koko näyttö käydä läpi, jotta voisi varmistua, ettei se todellakaan ole siellä. Tämä kertoo siitä, ettei haku voi olla rinnakkaista vaan se on sarjallista, koska ikonit on käytävä yksitellen läpi. Haku on hidasta myös ”kohdeikoni läsnä” – tilanteessa, mikä myös viittaa siihen, ettei haku ole rinnakkaista vaan sarjallista luonteeltaan.

Tuloksista ilmeni, että eri koetilanteiden välillä ei ollut eroa hakunopeudessa. Koetilanteessa, jossa kohdeikoni ja taustaikonit olivat kolmiulotteiset ja orientaatioltaan identtiset (kuvio 2b), hakuajat olivat hieman pidempiä, kuin muissa koetilanteissa. Ero ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä. Dekoratiivisilla syvyysvihjeillä aikaansaatu kolmiulotteisuus ei tässä tutkimuksessa siten heikentänyt koehenkilöiden visuaalista hakua (ks. Carswell ym., 1991; Casali & Gaylin, 1988; Spence, 1990).

”Haku alaryhmässä” – koetilanteessa olisi voinut odottaa, että haku olisi ollut nopeampaa, koska koehenkilöt voisivat keskittää huomionsa taustaikoneista vain kolmiulotteisiin, orientaatioltaan samanlaisiin ”matkalaukkuihin” (kuvio 2d), kuin minkäläisten sisällä kohdeikoni (”orientaatioltaan ”selällään” oleva E-kirjain) oli (Friedman-Hill & Wolfe, 1995; McLeod ym., 1988). Tässä koetilanteessa mitatut reaktioajat eivät kuitenkaan eronneet muista, joten koehenkilöt eivät ilmeisesti pystyneet hyödyntämään ”matkalaukku” - alaryhmää.

Ihmisen silmien maksimaalinen liikenopeus on noin 200 ms/paikka eli yhden sekunnin aikana silmät voivat kiinnittyä viiteen eri kohtaan näkökentässä (Goldstein, 1996). ”Kohde poissa” – näyttökerroilla hakunopeus oli noin 100 ms/ikoni, mikä on keskimäärin puolet nopeampi kuin silmien maksimaalinen liikenopeus. Tämä viittaa siihen, että vaikka kohdeikonin haku olikin sarjallista, rajoittava tekijä ei ollut silmänliikkeet.

## **4.2 Syvyysvihjeiden merkitys käytettävyyteen**

Tässä tutkimuksessa oli tarkoituksena selvittää ikonissa olevien dekoratiivisten syvyysvihjeiden merkitystä visuaalisen haun tehokkuuteen eli siihen, kuinka nopeasti kohdeikoni löytyy käyttöliittymästä. Tämänkaltainen visuaalisen haun tehokkuus liittyy käytettävyyteen. Koska käytettävyydellä voidaan vaikuttaa työskentelyn tehokkuuteen ja sen miellyttävyyteen (Tullis, 1997), kannattaa käytettävyyden näkökulma ottaa huomioon suunniteltaessa kokonaisia käyttöliittymiä tai sen pienempiä osia, kuten ikoneita. Nykyisiin käyttöliittymiin on grafiikkaohjelmien kehityksen myötä alettu lisätä syvyysvihjeitä yhä enenevässä määrin. Dekoratiivisten syvyysvihjeiden tulisi kuitenkin parantaa käytettävyyttä tai ne eivät ainakaan saisi heikentää sitä, vasta silloin niitä kannattaa käyttää. Tästä tutkimuksesta saatujen tulosten mukaan dekoratiiviset syvyysvihjeet eivät heikennä, mutta eivät myöskään paranna visuaalisen haun tehokkuutta. Aiheesta on tehty tutkimusta kuitenkin melko vähän ja tulokset ovat osittain ristiriitaisia (vrt. Carswell ym., 1991; Casali & Gaylin, 1988; Spence, 1990).

Jotta käytettävyyttä voitaisiin parantaa, tulisi tutkimusta ihmisen kognitiivisista kyvyistä ja rajoitteista pyrkiä hyödyntämään enemmän. Siksi jatkotutkimukset muun muassa dekoratiivisten syvyysvihjeiden merkityksestä erilaisissa ympäristöissä kuten www-sivuilla voisivat olla käytettävyyden kannalta hyödyllisiä.

## LÄHTEET

- Bergen, J. R., & Julesz, B. (1983). Parallel versus serial processing in rapid pattern discrimination. *Nature*, 303, 696-698.
- Broadbent, D. E. (1958). *Perception and communication*. New York: academic Press.
- Brown, M. E., & Gallimore, J.J. (1995). Visualization of three dimensional structure during computer-aided design. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 7, 37-56.
- Carswell, C. M., Frankenberger, S., & Bernhard, D. (1991). Graphing in depth: perspectives on the use of three-dimensional graphs to represent lower-dimensional data. *Behaviour & Information Technology*, 10, 459-474.
- Casali, J. G., & Gaylin, K. B. (1988). Selected graph design variables in four interpretation tasks: a microcomputer-based pilot study. *Behaviour & Information Technology*, 7, 31-49.
- Corbetta, M., Shulman, G. L., Miezin, F. M., & Petersen, S. E. (1995). Superior parietal cortex activation during spatial attention shifts and visual feature conjunction. *Science*, 270, 802-805.
- Deutsch, J. A., & Deutsch, D. (1963). Attention: Some theoretical considerations. *Psychological Review*, 70, 80-90.
- DeYoe, E. A., & Van Essen, D. C. (1988). Concurrent processing streams in monkey visual cortex. *Trends in neuroscience*, 11, 219-226.
- Duncan, J., & Humphreys, G. W. (1989). Visual search and stimulus similarity. *Psychological Review*, 96, 433-458.
- Enns, J. T., Ochs, E. P., & Rensink, R. A. (1990). Vsearch: Macintosh software for experiments in visual search. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 22, 118-122.
- Enns, J. T., & Rensink, R. A. (1990). Influence of scene-based properties on visual search. *Science*, 247, 721-723.
- Enns, J. T., & Rensink, R. A. (1991). Preattentive recovery of three-dimensional orientation from line drawings. *Psychological Review*, 98, 335-351.

- Friedman-Hill, S. R., Robertson, L. C., & Treisman, A. (1995). Parietal contributions to visual feature binding: evidence from a patient with bilateral lesions. *Science*, 269, 853-855.
- Friedman-Hill, S., & Wolfe, J. M. (1995). Second-order parallel processing: visual search for the odd item in a subset. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21, 531-551.
- Gittins, D. (1986). Icon-based human-computer interaction. *International Journal of Man-Machine Studies*, 24, 519-543.
- Goldstein, E. B. (1996). *Sensation and perception* (4. painos). Pacific Grove, CA: Brooks/Cole Publishing Company.
- Helander, M. G., Landauer, T. K., & Prabhu, P. V. (toim.) (1997). *Handbook of human-computer interaction* (2. p.). Amsterdam: Elsevier.
- Hubel, D. H. (1982). Exploration of the primary visual cortex, 1955-78. *Nature*, 199, 515-524.
- Hubona, G. S., Shirah, G. W., Fout, D. G. (1997). The effects of motion and stereopsis on three-dimensional visualization. *International Journal of Human-Computer Studies*, 47, 609-627.
- Lefferts, R. S. (1981). *Elements of graphics*. New York: Harper & Row.
- McLeod, P., Driver, J., & Crisp, J. (1988). Visual search for a conjunction of movement and form is parallel. *Nature*, 332, 154-155.
- Nakayama, K., & Silverman, G. H. (1986). Serial and parallel processing of visual feature conjunctions. *Nature*, 320, 264-265.
- Nielsen, J. (1994). *Usability engineering*. Boston, Massachusetts: Academic Press.
- Palmer, J. (1994). Set-size effects in visual search: the effect of attention is independent of the stimulus for simple tasks. *Vision Research*, 34, 1703-1721.
- Preece, J. (toim.) (1994). *Human-computer interaction*. Harlow: Addison-Wesley.
- Ruddle, R. A., Payne, S. J., Jones, D. M. (1997). Navigating buildings in "desk-top" virtual environments: experimental investigations using extended navigational experience. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 3, 143-159.
- Shneiderman, B. (1998). *Designing the user interface: Strategies for effective human-computer interaction*. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley.
- Spence, I. (1990). Visual psychophysics of simple graphical elements. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16, 683-692.

- Treisman, A. M. (1964). Verbal cues, language, and meaning in selective attention. *American Journal of Psychology*, 77, 206-219.
- Treisman, A. M., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97-136.
- Treisman, A., & Gormican, S. (1988). Feature analysis in early vision: evidence from search asymmetries. *Psychological Review*, 95, 15-48.
- Tullis, T. S. (1997). Screen design. Teoksessa M. G. Helander, T. K. Landauer, & P. V. Prabhu (toim.), *Handbook of human-computer interaction*. Amsterdam: Elsevier.
- Verghese, P., & Nakayama, K. (1994). Stimulus discriminability in visual search. *Vision Research*, 34, 2453-2467.
- Ware, C., & Franck, G. (1996). Evaluating stereo and motion cues for visualizing information nets in three dimensions. *ACM Transactions on Graphics*, 15, 121-140.
- Weichselgartner, E., & Sperling, G. (1987). Dynamics of automatic and controlled visual attention. *Science*, 238, 778-780.
- Wickens, C. D., Merwin, D. H., & Lin, E. L. (1994). Implications of graphics enhancements for the visualization of scientific data: dimensional integrality, stereopsis, motion and mesh. *Human Factors*, 36, 44-61.
- Wolfe, J. M. (1994a). Guided search 2.0. A revised model of visual search. *Psychonomic Bulletin and Review*, 1, 202-238.
- Wolfe, J. M. (1994b). Visual search in continuous, naturalistic stimuli. *Vision Research*, 34, 1187-1195.
- Wolfe, J. M. (1998). What can 1 million trials tell us about visual search? *Psychological Science*, 9, 33-39.
- Wolfe, J. M., Cave, K. R., Franzel, S. L. (1989). Guided search: an alternative to the feature integration model for visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 15, 419-433.