

**JUNAMAATTI –
TIEDON REPRESENTAATIO KÄYTETTÄVYYDEN TEKIJÄNÄ**

Jarkko Saarinen

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
Psykologian laitos
PL 35
40351 Jyväskylä

**Pro gradu –tutkielma
Jyväskylän yliopisto
Psykologian laitos
Marraskuu 1999**

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
Psykologian laitos

Jarkko Saarinen:
JUNAMAATTI – TIEDON REPRESENTAATIOT KÄYTETTÄVYYDEN
TEKIJÄNÄ

Pro gradu –tutkielma, 35 s.
Ohjaaja: Jussi Saarinen

Marraskuu 1999

TIIVISTELMÄ

Ihminen kartoittaa jatkuvasti toimintaympäristöään aistiensa avulla. Havainnoista muodostettuja representaatioita käytetään toimittaessa vuorovaikutuksessa ympäristön kanssa. Kognitiivisen järjestelmän ja sen ympäristön vuorovaikutuksen tunteminen on keskeinen asia toimivaa ihminen-kone -suhdetta suunniteltaessa. Käytännössä tämän vuorovaikutussuhteen toimivuudessa tärkeä tekijä on käyttäjän ja koneen välinen käyttöliittymä, jonka suunnittelussa on huomioitava käyttäjän sisäisen toiminnan tukeminen riittävien ulkoisten representaatioiden avulla. Tässä tutkimuksessa selvitettiin VR:n lippuautomaatin eli ”Junamaatin” käyttöliittymän käytettävyyttä. Koehenkilöille annettiin ”Junamaatti-simulaattorilla” suoritettavaksi kaksi viiden tehtävän sarjaa; ensimmäisen sarjan tehtävissä tuli etsiä ”Junamaatista” vastaus kysymykseen mihin aikaan jokin tietty juna lähtee, ja toisen sarjan tehtävissä tuli ostaa lippu annetuin ehdoin. Suorituksista mitattiin reaktioaika ja virheet. Tulosten mukaan sekä reaktioajat että virheiden lukumäärät kasvoivat tehtävien vaikeutuessa, kuitenkin niin vähän, että tulosten perusteella voidaan ”Junamaatin” käytettävyyttä varsinkin pikavalinnoin tapahtuvissa lipun ostoissa pitää hyvänä.

Avainsanat: tiedon representaatio, käyttöliittymä, kognitiivinen kartoittaminen,
Junamaatti

ABSTRACT

The living environment is constantly mapped by the human senses. The representations derived from this knowledge are used in interaction with the environment. Knowing the interaction between cognitive system and its environment is important when designing a functional human-computer interaction relationship. In practise, the functionality of this interaction is mainly determined by a user interface. The design of a user interface must support the user's cognitive processes by adequate external representations. The aim of this study was to investigate the usability of the VR's ticket automate, so called "Junamaatti's" user interface. The subjects were to perform two blocks of five tasks with a "Junamaatti". In the first block, they had to respond when a specific train leaves, and in the second block the task was to buy a ticket by given terms. The results showed that both the response times and the proportion of errors increase as a function of task difficulty. However, even the most difficult task in a block produced so short response times/few errors, that the usability of "Junamaatti" can be regarded as good - especially in simple tasks.

Keywords: knowledge representations, user interface, cognitive mapping, Junamaatti

SISÄLTÖ

1. TIEDON REPRESENTAATIOT PITKÄKESTOISESSA SÄILÖMUISTISSA.....	1
1.1 Mielikuvarepresentaatiot.....	1
1.2 Merkitykseen perustuvat representaatiot.....	5
1.2.1 Propositionaaliset representaatiot.....	6
1.2.2 Käsitteet: semanttiset verkot ja skeemat.....	6
2. KOGNITIIVISET KARTAT.....	8
2.1 Kognitiivinen kartoittaminen.....	8
2.1.1 Verbaalis-spatiaalinen tieto kartoituksessa....	10
2.2 Ympäristön spatiaalinen representaatio.....	10
3. KÄYTTÖLIITTYMÄT.....	14
3.1 Representaatiot jaetuissa kognitiivisissa tehtävissä.....	14
3.2 Suunnitteluperiaatteet.....	16
3.3 Valikkopohjainen vuorovaikutustyyli.....	18
3.4 Tutkimusongelma.....	19
4. MENETELMÄT.....	20
4.1 Koehenkilöt.....	20
4.2 Laitteet ja ärsykkeet.....	20
4.3 Kokeen kulku.....	21
4.4 Tilastollinen analyysi.....	22
5. TULOKSET.....	23
6. TULOSTEN TARKASTELUA.....	27
6.1 Yhteenveto.....	30
LÄHTEET.....	31

1 TIEDON REPRESENTAATIOT PITKÄKESTOISESSA SÄILÖMUISTISSA

Aistimme käsittelevät tauotta ympäristömme suoltamaa ärsykevirtaa; kuitenkin vain osa tästä informaatiotulvasta päätyy kognitiivisen järjestelmämme tarkempaan käsittelyyn (Goldstein, 1996). Vastaanotetun informaation perustalle rakennamme mentaalisia representaatioita, joiden avulla voimme olla vuorovaikutuksessa ympäristömme kanssa. Mielikuvarepresentaatioilla on taipumus säilyttää alkuperäisen havainnon rakenne, kun taas merkitykseen perustuvat representaatiot ovat melko erillään havainnon yksityiskohdista, keskittyen siirtämään pikemminkin vastaanotetun informaation merkityksiä. (Anderson, 1995)

1.1 Mielikuvarepresentaatiot

Ihmismieli voi luoda ”kuvia” esineistä sekä asioista, jotka eivät ole enää läsnä. Tällaisia representaatiota kutsutaan mielikuviksi. Yksi avainkysymys on se, kuinka paljon tällaiset representaatiot käyttävät visuaalista vs. spatiaalista informaatiota. Puhtaasti visuaalisen edustuksen lisäksi vaikuttaa siltä, että voimme kerätä spatiaalista informaatiota riippumatta aistipiiristä. Meillä on esimerkiksi spatiaalista tietoa esineiden sijainnista ympäristössämme, mitä voidaan ajanmukaistaa näkö-, kuulo- ja kosketusaistimusten avulla.

Visuaalisten mielikuvien manipulointi tapahtunee paljolti samaan tapaan kuin varsinaisten näköhavaintojen manipuloiminen. Shepard & Metzler (1971) tutkivat kolmiulotteisten objektien ”pyörittämistä” mielessä. Koehenkilöiden tehtävänä oli raportoida reaktioaikatehtävässä näytetyn kuvaparin objektien identtisyys. Kuvioiden ollessa eri kulmissa, koehenkilöt joutuivat ”pyörittämään” objekteja mielessään saadakseen selville niiden muotojen samanlaisuuden/erilaisuuden. Tutkimuksen tulokset osoittivat suoritusaikojen kasvavan lineaarisesti vertailtavien objektien kulmien erojen kasvaessa.

Kosslyn, Reiser & Ball (1978) tutkivat mielikuvia kuvitteellisen kartan avulla, johon koehenkilöt saivat tutustua, kunnes pystyivät piirtämään sen ulkomuistista. Koehenkilöitä pyydettiin keskittymään mielikuvassaan hetkeksi tiettyyn kartan kohteeseen, jonka jälkeen kartasta annettiin toinen etsittävä kohde. Kokeen tulokset osoittivat, että mielikuvassa olevien objektien välin tarkasteluun kuluva aika on suorassa suhteessa näiden objektien välimatkaan kartassa. Tutkimus tukee Shepardin ym. (1971) saamia tuloksia, joiden mukaan mielikuvilla operoiminen vastaa analogisesti fyysisillä objekteilla toimimista.

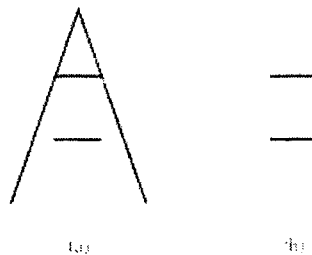
Brooksin (1968) kokeissa koehenkilöiden tehtäväksi annettiin tarkastella F-kirjaimen muotoista kaaviota mielikuvassaan alkaen määrätystä paikasta määrättyyn suuntaan. Tehtävänä oli luokitella jokainen kuvion kulma joko äärimmäiseksi ylä- tai alareunaksi kyllä-vastauksella, tai välimuodoksi ei-vastauksella. Brooks antoi koehenkilöille myös verbaalisen tehtävän. He saivat muistissa läpitarkesteltavan lauseen, jonka sanat tuli luokitella joko substantiiveiksi tai ei-substantiiveiksi. Sekä visuaalisessa että verbaalisessa tehtävässä toinen kokeellinen muuttuja oli henkilöille määrätty vastausten antamistapa. He joko 1) sanoivat kyllä tai ei, 2) taputtivat vasemmalla kädellä kyllä ja oikealla ei, tai 3) osoittivat peräkkäisiä Y tai N kirjaimia erilliseltä arkilta. Osallistujilla meni sekä kuvioiden että verbaalisen aineksen prosessoinnissa eniten aikaa tehtäviin, joissa vastaukset annettiin arkilta osoittamalla. Saatujen tulosten mukaan mielikuviamme tarkastelu häiriintyy, mikäli joudumme prosessoimaan samanaikaisesti ulkoista fyysistä ainesta. Tämä vahvistaa käsitystä, jonka mukaan tarkastellessamme mielikuvia tarkastelemme fyysiselle ainekselle analogista representaatiota.

Brooksin (1968) kokeessa todetun interferenssi-ilmiön voidaan sanoa olleen paremminkin spatiaalinen kuin visuaalinen, kun sitä tarkastellaan Baddeleyn (1990) suorittaman tutkimuksen valossa. Tämän kokeen kaikki osallistujat suorittivat Brooksin (1968) kirjain-kuvio -testin. Toinen koeryhmistä tarkkaili lisäksi samanaikaisesti kahden eri kirkkauden ärsykesarjaa, tehtävänään painaa nappia aina kirkkaamman ärsykkeen ilmestyessä. Tämä koetilanne sisälsi ainoastaan visuaalista informaatiota. Toisen koeryhmän jäsenten silmät peitettiin ja heidät laitettiin istumaan liikkuvan, ääntä tuottavan heilurin eteen. Koehenkilöiden tehtävänä oli pyrkiä pitämään heille annetun taskulampun valokeila liikkuvassa, valokennon sisältävässä heilurissa, joka muutti äänen taajuutta aina valon osuessa siihen. Tämä koetilanne sisälsi spatiaalisen

informaation prosessointia ilman visuaalista informaatiota. Auditorisen ärsykkeen pohjalta spatiaalista tietoa keräävä tehtävä heikensi mielikuvan tarkastelua enemmän kuin kirkkauden arviointitehtävä. Tulokset viittaavat siihen, että interferenssi-ilmiön syy Brooks (1968) kokeessa oli spatiaalinen.

Myös Farahin, Hammondin, Levinen & Calvanion (1988) tulokset viittaavat siihen, että mielikuvien spatiaalisten ja visuaalisten aspektien mekanismi on jossain määrin eri: molemminpuolisesta ohimolohkojen vauriosta kärsivältä henkilöltä tutkimuksissa saadut havainnot viittaavat siihen, että spatiaalinen informaatio voidaan esittää mielikuvien muodostamisen aikana minkä tahansa aistin kautta. Sen sijaan toiminnan perustana on erilainen järjestelmä, kun kyseessä on selvästi visuaalisen aineksen prosessointi.

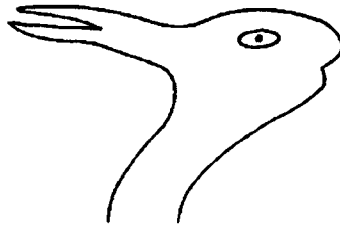
Millaisia sitten ovat visuaalisten mielikuvien ja visuaalisten havaintojen väliset erot? Wallace (1984) suoritti kokeen, jossa osalle koehenkilöistä näytettiin kuvio kahden samanpituisen horisontaalisen viivan päälle ylösalaisin käännettystä V-kirjaimesta. Toinen koehenkilöryhmä sai tehtäväksi kuvitella kahden näytetyn viivan päälle ylösalaisin käännetyn V:n (kuvio 1). Kumpikin ryhmä arvioi viivojen pituutta kysyttäessä ylemmän viivan pidemmäksi. Tämä nk. Ponzo – illuusio osoittaa mielikuvien voivan tuottaa visuaalisia illuusioita. Löydös tukee ajatusta mielikuvien ja näköhavaintojen samankaltaisuudesta.



KUVIO 1. Wallacen (1984) käyttämä mielikuvakoe

Chambersin & Reisbergin (1985) koe anka-jänis - kuviolla (kuvio 2) viittaa kuitenkin eroavaisuuksiin mielikuvien ja näköhavaintojen välillä. Koehenkilöille näytettiin nopeasti kyseistä kuviota ja pyydettiin muodostamaan siitä mielikuva. Aikaa annettiin vain yhteen näköhavaintoon perustuvaan ”tulkintaan”, jonka jälkeen

koehenkilöitä pyydettiin etsimään kuvalle toinen tulkinta mielikuvan avulla. Tähän koehenkilöt pystyivät kuitenkin vasta saatuaan piirtää mielikuvansa paperille. Tulos viittaa visuaalisten mielikuvien eroavan visuaalisista havainnoista siinä, että mielikuvat ovat ”sitoutuneet” yhteen tiettyyn tulkintaan, jolloin niiden uudelleentulkinta on paljon vaikeampaa kuin oikeiden kuvien.



KUVIO 2. Chambersin & Reisbergin (1985) käyttämä anka-jänis - kuvio

Mielikuvilla on taipumus organisoitua hierarkkisesti osiksi ja kokonaisuuksiksi. Termi ”osa” kuvaa perusyksikköä suuremmissa rakenteissa ja toisella tasolla ”osa” yhdistää lukuisia pienempiä yksiköitä. ”Osa” sisältää lukuisia pieniä informaation yksiköitä, jotka voidaan muistaa yhtenä, kuten lauseet yksittäisten sanojen sijasta (Ashcraft, 1989). McNamara, Hardy & Hirtle (1989) tutkivat spatiaalisten mielikuvien hierarkkista organisoitumista. Koehenkilöt painoivat mieleensä huoneessa olevien esineiden sijainnin. Tulokset osoittivat, että koehenkilöt ”hajottivat” huoneen mielessään osiin, joiden sisällöistä he loivat vielä erillisiä mielikuvia. Tämän ansiosta he pystyivät nopeammin palauttamaan mieleen näkemänsä esineen tietystä ”alamielikuvasta”, josta he olivat juuri muistaneet toisenkin esineen, kuin jos he olisivat muistaneet esineen saman matkan päästä, mutta toiselta ala-alueelta.

Tämä sama mielikuvien hierarkkisuuden periaate ilmeni myös Stevensin & Coupen (1978) suorittamassa tutkimuksessa, jonka mukaan ihmisten karttamuistilla näyttäisi olevan hierarkkinen rakenne spatiaalisiin mielikuviiin yhdistyneenä. Koehenkilöille esitettiin tutkimuksessa kysymyksiä Pohjois-Amerikan maantiedosta. Tulokseksi saatiin, että ihmiset arvioivat pienempien alueiden sijaintia isompien alueiden sijainnin perusteella. Tämä tulos vahvistettiin keinotekoisilla kartoilla, jotka oli jaettu alfa ja beta piirikuntiin. Lisäksi kartoille sijoitettiin kolme kaupunkia (x, y ja z), joiden paikat vaihtelivat piirikuntien sijainnista riippumatta. Koehenkilöiden opeteltua kartat esitettiin

jälleen kysymyksiä kaupunkien sijainnista. Koehenkilöt käyttivät hyväkseen piirikuntien sijaintia muistaakseen kaupunkien sijainnin. Tämä luottamus hierarkkiseen informaatioon johti heidät samanlaisiin virheisiin aivan kuten Pohjois-Amerikan karttojenkin kohdalla.

1.2 Merkitykseen perustuvat representaatiot

Meillä on kyky muistaa tapahtumien pääkohdat palauttamatta mieleen niiden tarkkoja yksityiskohtia. Edustuksia, jotka saavuttavat tällaisia abstraktioita kutsutaan merkitykseen perustuviksi representaatioksi vastakohtana alkuperäisen tapahtuman yksityiskohtiin tukeutuvalla representaatiolle. (Anderson, 1995)

Merkitykseen perustuvia representaatioita on kahdenlaisia. Propositionaaliset rakenteet koodaavat tietyn tapahtuman merkityksellisen informaation, skeemojen edustaessa tapahtumien luokituksia ja objektien tyypillisiä piirteitä. (Anderson, 1995). Merkitykseen perustuvat representaatiot pyrkivät erottelemaan muistiin säilöttäväksi kaikesta vastaanottamastamme informaatiosta keskeisimmät ja tärkeimmät asiat. Kokeet kuvamuistilla (Shepard, 1967; Standing, 1973) ja verbaalisella muistilla (Anderson, 1974) viittaavat säilömuistin tallentavan ainoastaan kuvien ja lauseiden keskeisimmän merkityksen, mikäli tarkasta muistamisesta ei ole meille hyötyä.

On olemassa tutkimustuloksia siitä, että ihmiset koodaavat välittömästi lukuisia lauseen tai kuvan yksityiskohtia, mutta tämä yksityiskohtainen informaatio unohtetaan nopeasti. Tarkan havaintoaineksen unohtuttua informaatiota säilytetään ainoastaan merkityksen tai tulkinnan varassa. Gernsbacher (1985) tutki yksityiskohtien muistamista esittämällä koehenkilöille kuvia, minkä jälkeen näitä samoja kuvia näytettiin yhdessä kuvan peilikuvan kanssa, ja koehenkilön tuli ilmoittaa, kumman näistä hän oli nähnyt. 10 sekunnin viiveellä koehenkilöt pystyivät tunnistamaan 79 prosentin tarkkuudella näkemänsä alkuperäisen kuvan. Kuitenkin jo 10 minuutin kuluttua tarkkuus oli pudonnut 57 prosenttiin. Anderson (1974) teki saman huomion verbaalisesta tunnistamisesta. Hänen tutkimuksessaan Gensbacherin (1985) testiä vastaava lauseentunnistustesti osoitti, että viiveen jälkeen ainoastaan lauseen merkitys pidetään muistissa.

1.2.1 Propositionaaliset representaatiot

Merkityksellistä rakennetta, joka säilyy havainnoitujen yksityiskohtien haihduttua mielestä, kutsutaan propositionaaliseksi representaatioksi (Norman & Rumelhart, 1975). Propositio on tiedon pienin yksikkö, joka voi toimia erillisenä väitteenä, eli pienin yksikkö, josta on mahdollista sanoa, onko väite tosi vai epätosi. Propositionaalinen analyysi on selvimminkin sovellettavissa kielellisen informaation kohdalla (Anderson 1995).

Jokainen yksinkertainen propositio vastaa merkityksen yksikköä ja mikäli yksikin propositio on väärä, kokonainen lause menettää totuusarvonsa. Andersonin (1995) mukaan emme muista lauseita, emmekä niiden tarkkoja sisältöjä tarkasti, vaan muodostamme yksittäisistä propositioista mielekkään kokonaisuuden, jonka merkityksen talletamme muistiin.

Bransford & Franks (1971) demonstroivat propositionaalisten yksiköiden psykologista relevanssia. Koehenkilöt opettelivat lauseita, joiden propositioista koottiin kolmenlaisia muunnoksia tunnistusmuistin testaamista varten: 1) todella opeteltuja lauseita; 2) opeteltujen propositioiden kombinaatioita, joita ei ollut opeteltavien lauseiden listalla sekä 3) lauseita, joissa lausetyyppi koostui opetelluista sanoista, mutta ei ollut koottavissa opetelluista propositioista. Tutkimus osoitti, ettei koehenkilöillä ollut juurikaan kykyjä erotella kahden ensimmäisen tapaisia lauseita toisistaan, vaan he pitivät niitä samanlaisina. Sitä vastoin he pystyivät erottamaan lauseet, jotka sisälsivät eri propositioita.

Propositionaalinen informaatio voidaan esittää verkostona, joka esittää ideoiden väliset assosiaatiot. Koska esitetty informaatio on abstraktia, mikä tahansa verkoston järjestys on mahdollinen. Ainoastaan oikeiden elementtien yhdistämisellä on väliä, ei sillä, missä ne sijaitsevat (Anderson 1995).

1.2.2 Käsitteet: semanttiset verkot ja skeemat

Perustavanlaatuinen ominaispiirre merkitykseen perustuvilla representaatioilla on sellaisten kokemusten ja havaintojen yksityiskohtien poispyyhkiminen muistista, jotka

toimivat tarkkaavaisuutemme alkuperäisinä suuntaajina. Propositionaalisten representaatioiden kohdalla käsitteellistämiseen liittyi havainnon monien yksityiskohtien poistamisen lisäksi elementtien välisten tärkeiden suhteiden säilyttäminen.

Toinen mahdollinen käsitteellistämistapa on siirtyä spesifeistä kokemuksista yleisiin luokitteluihin. Tällaisen käsitteellisen tiedon esittämiseksi on kaksi tapaa: toinen on ilmaista tieto semanttisina verkostoina, toinen ilmaista tieto skeemoina.

Ashcraftin (1989) mukaan tallennamme informaatiota verkostorakenteisiin, joissa totta olevat ylemmän tason luokitukset ovat tosia myös alemman tason luokissa. Collins & Quillian (1969) suorittivat kokeellisia tutkimuksia tällaisten verkostojen psykologisesta relevanssista antamalla koehenkilöiden arvioida annettujen väitteiden todenperäisyyttä. Collins ym. (1969) havaitsivat, että:

1. Jos tosiasia haetusta käsitteestä on kohdattu usein, se talletetaan sen haetun käsitteen kanssa, vaikka se olisi pääteltävissä ylemmästäkin käsitteestä.
2. Mitä useammin käsitteen yhteydessä törmätään tiettyyn faktaan, sitä vahvemmin se on assosioitunut käsitteeseen. Ja mitä vahvemmin fakta on assosioitunut käsitteeseen, sitä nopeammin se on mieleen palautettavissa.
3. Tulkintaa vaativien, suoraan käsitteen kanssa tallentamattomien faktojen vahvistaminen kestää suhteellisen kauan.

Collinsin ym. (1969) havaintojen perusteella käsitteiden ja faktojen välinen vahvuus sekä niiden välimatka semanttisessa verkostossa vaikuttaa mieleen palauttamisen nopeuteen.

Semanttisten verkostojen lisäksi tietojamme kategorioista voidaan esittää myös skeemojen avulla. Skeemat edustavat luokkarakenteen mukaan lajiteltua tietoa, jossa käsitteet jaotellaan ryhmiin luokkien tyypillisten ominaisuuksien perusteella. Verrattaessa skeemoja propositioihin, voidaan skeemojen sanoa edustavan käsitteiden ominaisuuksien yleistämistä, kun taas propositiot edustavat oikeellisuutta spesifeissä tapauksissa. Joustavuudellaan skeemat helpottavat tulkintojen tekemistä edustamistaan käsitteistä. Niiden avulla myös poikkeustapauksien tulkinta on mahdollista. (Anderson, 1995)

2 KOGNITIIVISET KARTAT

Jokaisella objektilla on pysyvä tai vaihtuva paikkansa, ja koska kahden objektin on mahdotonta esiintyä täsmälleen samalla paikalla samaan aikaan, on tästä väistämättömänä seurauksena objektien välinen välimatka (Downs & Stea, 1977). Näin ollen meidän on kyettävä huomioimaan objektien sijainnit ympäristössä pystyäksemme toimimaan tällaisessa spatiaalisessa elinympäristössä. Erityisesti liikkuminen paikasta toiseen vaatii tietoisuutta ympäröivästä maailmasta. Liikkumisen sujuvuus on riippuvainen siitä, kuinka voimme suunnitella saavuttavamme kohteen. Denisin (1991) mukaan spatiaalisen representaation tarkkuus tilasta, jossa meidän täytyy liikkua tai matkustaa, vaikuttaa suunnittelun sujuvuuteen. Tämä mentaalinen representaatio tilasta sisältää tietoa ympäristöstä, sen metrisistä ominaisuuksista sekä maamerkkien topologisista suhteista.

2.1 Kognitiivinen kartoittaminen

Ympäristön spatiaalinen kartoittaminen on toiminnallinen prosessi, jonka avulla pyrimme hahmottamaan ympäröivää maailmaa. Se sisältää informaation keräämisen, organisoinnin, säilömistä, mieleenpalauttamisen sekä käsitellyn spatiaalisen informaation manipuloimista. (Kaplan & Kaplan, 1982)

Kartoitustyyli on yksilöllistä: mentaalinen kuvamme ympäristöstä muodostuu erityyppisten aistihavaintojen synteestistä, ja koska käytössämme on useita aisteja, joita yksilöt painottavat eri tavoin informaatiota kerätessään, niin myöskin näistä aistitiedoista valmistetut kartat poikkeavat huomattavasti toisistaan. (Downs ym., 1977)

Kartoittamista voidaan sanoa olevan spatiaalisen ja ympäristöllisen kognition liitto. Spatiaalinen kognitio on mentaalinen representaatio tilan rakenteesta, ominaisuuksista ja suhteista (Hart & Moore., 1973). Ympäristöllinen kognitio vuorostaan on tietoisuus, vaikutelmat, mielikuvat ja uskomukset, joita ihmisillä on ympäristöstä (Moore & Golledge, 1976).

Kognitiivisten karttojen ensimmäinen taso on ”tekeminen” ja toinen ”tulkitseminen”. Tekeminen sisältää neljä pääkohtaa, joista on tehtävä päätökset: 1) mistä olemme kiinnostuneita tekemään representaation; 2) minkä perspektiivin otamme; 3) millä mittakaavalla representaatio muodostetaan; ja 4) kuinka kokoamme representaation. (Downs ym., 1977)

Kartoitusprosessiin liittyy myös interaktiivisuus, selektiivisyys ja organisoivuus. Held & Moore (1963) havaitsivat kartoituksen olevan interaktiivinen prosessi. Heidän mukaan motorinen aktiivisuus on olennaista liitettäessä ulkoista ympäristöä sisäiseen representaatioon. Gale, Golledge, Pellegrino & Doherty (1990) päätyivät samoihin tuloksiin Heldin ym. (1963) kanssa suorittuaan kokeen 9-12 vuoden ikäisillä lapsilla, jossa puolet lapsista käveli heille tuntemattoman kaupungin läpi, ja toinen puoli katsoi reitin videolta. Reitin kävellyt ryhmä omaksui videoryhmää paremmin todellisen liikkumisen kaupungissa, vaikka ryhmät tunnistivat ympäristöstä näytetyt diat yhtä hyvin.

Selektiivisyys sisältää kaksi kysymystä: 1) mitä spatiaalista informaatiota valitsemme säilytettäväksi, eli mitä säilömme, kuinka symbolisoimme sen, kuinka järjestämme sen ja kuinka kiinnitämme siihen suhteellista tärkeyttä; ja 2) mitä palautamme mieleemme, sekä mitä manipulointitapoja päätämme noudattaa. Selektiivisyyden kriteerit ovat funktionaalinen tärkeys ja distinktiivisyys. Ensimmäinen heijastaa tosiasiaa, jonka mukaan tiedämme, mikä on yleensä hyödyllistä päivittäisille spatiaalisille tehtävillemme. Emme muista kaikkea ympäristöstämme, vaan ainoastaan tärkeät maamerkit, jotka toimivat suunnistamisen pohjana. Jälkimmäinen heijastaa spatiaalisen ympäristön eroavaisuuksia. Appleyardin (1973) mukaan esimerkiksi rakennukset tunnetaan niiden muodon, näkyvyyden ja käytön perusteella, eli sellaisten piirteiden mukaan, jotka erottavat ne toisista rakennuksista.

Kolmas pääpiirre kartoituksessa on Downsien ym. (1977) mukaan sen organisoitumisen luonne. Pyrimme käyttämään menneisyyttä nykyisyydessä selvittääksemme tulevan. Kartoitus vaatii yhdistelyä, organisointia ja informaation synteisiä.

Kartoittamisprosessissa voidaan rakentaa sisäisiä representaatioita ympäristöstä joko suorasta kokemuksesta, tai symbolisen informaation avulla (Presson, DeLange & Hazelrigg, 1989). Molempia informaation lähteitä voidaan käyttää oppimistarkoituksessa, kummallakin ollessa etunsa kognitiivisia karttoja käytettäessä.

Esimerkiksi henkilö voi hankkia tavallisesta kartasta perustietoa, joka sisältää maamerkkien välisiä spatiaalisia suhteita. Tämä tieto sijaitsee muistissa mielikuvien muodossa, joita henkilö myöhemmin käyttää mentaalisen kartan tarkasteluun sekä etäisyyden mittauksiin, kuten fyysisillä kartoilla (esim. Kosslyn ym., 1978). Vastakohtana symboliselle informaatiolle suunnistuksesta hankittu tieto on Denisin (1991) mukaan luonteeltaan proseduraalista, ylläpitäen lähinnä reittejä maamerkkien välillä. Mentaalisten matkustussimulaatioiden avulla näitä reittejä käytetään laskettaessa spatiaalisia arvioita kartan tiedoista.

2.1.1 Verbaalis-spatiaalinen tieto kartoituksessa

Spatiaalisen tiedon saaminen ympäristöstä verbaalisten kuvausten avulla on myös mahdollista. Mielikuvien tutkimus vahvistaa ihmisten kykenevän prosessoimaan sellaisten objektien lingvistisiä kuvauksia, joita he eivät ole koskaan havainnollisesti kokeneet (Denis & Zimmer, 1992; Denis & Cocude, 1997). Ihmiset pystyvät myös käsittelemään kohtalaisella tarkkuustasolla näiden objektien representaatioiden yksityiskohtiakin (Downs ym., 1977).

Oppiminen kielellisistä kuvauksista vaatii yleensä pidemmän prosessointiajan kuin kartoista oppiminen (Perrig & Kintsch, 1985). Lisäksi järjestys, jossa informaation palaset esitetään kuvauksessa, vaikuttaa merkittävästi kognitiivisten karttojen yksityiskohtaiseen prosessointiin (McNamara, Ratcliff & McKoon, 1984). Ympäristöä kuvaavat tekstit voivat myös orientoida henkilöitä karttamaiseen tai proseduraaliseen representaatioon, jolloin ympäristöstä tuotetun mentaalisen representaation malli voi vaikuttaa myös siitä myöhemmin tehtäviin arvioihin (Perrig ym., 1985).

2.2 Ympäristön spatiaalinen representaatio

Mentaalinen representaatio voi toimia kognitiivisten operaatioiden laskelmien perustana esimerkiksi vertailtaessa etäisyyksiä, maamerkkien suhteellisia paikkoja yms., tehden mahdolliseksi ihmisten orientoitumisen ympäristöön. Näiden laskelmien validiteetti riippuu sisäisen kognitiivisen kartan samankaltaisuudesta verrattuna edustettuun tilaan (McNamara, 1986).

Kuinka tarkkoja ja täsmällisiä kognitiiviset kartat ovat, ja kuinka samanlaisia ne ovat esikuviensa kanssa? Täydellisen samankaltaisuuden saavuttaminen lienee mahdotonta, koska meillä ei ole prosessointi- eikä säilytysvalmiuksia täydellisen kopioinnin vaatimaan tietomäärään. Vastaavuuden tutkimisessa ongelmina ovat ”todellisen maailman” tarkka määrittely sekä mittausvaikeudet, jotka estävät selvillepääsyn kognitiivisten karttojen tarkkuudesta suhteessa esikuviinsa. (Downs ym., 1977)

Tutkiakseen representaatiota, joita ihmiset rakentavat ympäröivästä tilasta, tutkijat käyttävät epäsuoria tutkimusmenetelmiä. He joko tarkkailevat koehenkilön todellista liikkumista spatiaalisessa ympäristössä, tai pyytävät koehenkilöitä piirtämään representaatioita ympäristöstä kartan muotoon. Tutkittaessa Pariisin taksikusmien representaatioita kaupungista käytettiin molempia metodeja. Denisin (1991) mukaan saadut tulokset viittaavat positiiviseen korrelaatioon ajajien todellisen suorituskyvyn (sopivien reittien valinta), ja näiden piirtämien karttojen tarkkuuden välillä. Jos karttojen piirtämisen oletetaan heijastavan ainakin joitakin kognitiivisten karttojen Aspekteja, viittaa saatu korrelaatio reittien suunnittelun ohjelmoinnin riippuvan ympäristön spatiaalisten representaatioiden käytöstä. Taksikusmien representaatiot kaupungista sisältävät kaksi komponenttia: 1) kuljettajilla on jonkinlainen käsitteellinen mielikuva kaupungista, joka on samanlainen kuin kaksiulotteinen peruskartta; ja 2) heillä on suora, konkreettisempi mielikuva kaupungista, joka vastaa ympäristön todellisia näkymiä. Denisin (1991) mukaan tutkimukset osoittavat näiden kahden representaatiomuodon avustavan eri tavoin reittistrategian valitsemista. Peruskartan on ajateltu olevan perustana operaatioille, kun kuljettaja määrittää reittiä, ja maavinkkien uskotaan olevan suuremmassa osassa välittömässä ympäristössä suoritettussa päätöksenteossa.

Thorndyke & Hayes-Roth (1982) vertailivat henkilöitä, jotka hankkivat spatiaalista tietoa joko opiskelemalla ympäristöjen karttoja tai suunnistamalla todellisessa ympäristössä. Tulokset osoittavat kartasta oppimisen olevan ylivoimaista arvioitaessa suhteellisia sijainteja ja suoralinjaisia etäisyyksiä maamerkkien välillä. Oppiminen suunnistamisesta on puolestaan ylivoimaista, kun ihmisen täytyy orientoitua hänelle ennestään tuntemattomiin objekteihin tai arvioida reittien pituuksia. Nämä erot esiintyivät kuitenkin ainoastaan oppimisen alussa.

Etsiessämme haluttua kohdetta, meidän täytyy tietää oma sijaintimme suhteessa kohteeseemme. Tällaista tietoisuutta kutsutaan topografiseksi orientaatioksi. Jos emme

pysty määrittelemään paikkojen välistä suhdetta, olemme eksyksissä. Reitinvalinta vaatii näin ollen kognitiivisen yhteyden oman sijainnin ja kohteen välillä, joka saavutetaan sitomalla kognitiivinen kartta maamerkkeihin. Mitä orientoituneempi henkilö on ympäristöönsä, sitä lähemmin hänen skeemansa muistuttaa karttaa. Myös reitillä pysyminen vaatii kartan ja maamerkkien vertailua. (Griffin, 1973; Siegel, Kirasic & Kail, 1978)

Briggs (1973) luetteli viisi mekanismia, jotka liittyvät kognitiiviseen etäisyyden arvioimiseen: 1) voimme saada keholtamme palautetta kahden paikan välin kulkemiseen käytetystä energiasta, joka auttaa kuljetun matkan arvioinnissa; 2) voimme käyttää tietoa ajan, nopeuden ja etäisyyden suhteesta; 3) voimme havainnoida ja laskea yhteen reitillä olevien maamerkkien välisiä etäisyyksiä; 4) fyysistä ympäristöä voi käyttää hyväksi laskemalla esimerkiksi kortteleita ja liikennevaloja; ja 5) etäisyyksiä voidaan arvioida myös symbolisten representaatioiden perusteella, eli voimme etsiä spatiaalista tietoa esimerkiksi kartoista ja kylteistä. Erilaiset liikkumisympäristöt vaativat erilaisia mekanismeja matkojen arviointiin.

Kognitiiviset kartat eivät ole vain ryhmä spatiaalisia mentaalirakenteita, jotka esittävät suhteellisia sijainteja, vaan ne sisältävät myös arvoja ja tarkoituksia. Wood & Beck (1989) havaitsivat, ettei kognitiivinen kartta ole riippumaton tarkoituksesta, roolista, toiminnasta eikä tarpeesta. Tämä johtaa Kaplanin (1973) mukaan päätelmään, jonka mukaan kognitiiviset kartat sisältävät tietoa paikoista ja spatiaalisista suhteista, sekä tämän lisäksi kognitiiviset kartat yhdistävät ympäristöä koskevia mielikuvia uuden informaation ja asenteiden kanssa. Ne ovat itse asiassa objektien ja niiden assosiaatioiden representaatioita, sisältäen yleistä informaatiota ja motivaatioinformaatiota (Kaplan, 1973), ja tästä syystä heijastavat maailmaa sellaisena, kuin niiden kantaja uskoo maailman olevan.

Golledge, Smith, Pellegrino, Doherty & Marshall (1985) ovat raportoineet, että kognitiiviset kartat ovat itse asiassa tietorakenteiden sarjoja, jotka koostuvat yksityiskohtien ja integraation eri tasoista. Nämä hierarkkisia verkostoja muodostavat tietorakenteet kehittyvät iän ja kasvatuksen mukana, parantaen näin informaation käsittelykykyä (Kaplan ym., 1982). Yhdistämällä tietorakenteita ja informaatiota, sekä käyttämällä kognitiivisia prosesseja liittyen havainnointiin, säilömiseen, palauttamiseen ja uudelleenorganisointiin, jotka toimivat yhteistyössä muistirakenteiden kanssa, voimme muodostaa kognitiivisen kartan jotain tiettyä tarkoitusta varten. Kirjaimellisesti

tulkittuna meillä ei siis ole kognitiivista karttaa valmiina muistissamme, vaan rakennamme sen aina tiettyä tarkoitusta varten (Siegel & Cousins, 1985). Tässä mielessä kognitiiviset kartat ovat dynaamisia ympäristömme representaatioita.

3 KÄYTTÖLIITTYMÄT

Tietokoneen hyöty käyttäjille on viime kädessä kiinni siitä, mikä on tietotekniikan käyttäjien suhde tietotekniikan mahdollisuuksiin. Ne tietotekniikan mahdollisuudet, joita käyttäjät eivät osaa hyödyntää, ovat hukkainvestointeja. Inhimillisten tekijöiden huomioinnilla suunnitteluvaiheessa pyritään tällaisten hukkainvestointien minimointiin. Käytännössä tämä merkitsee työtä käyttöliittymien kehittämiseksi. (Norman, 1983)

Tehokkaat järjestelmät luovat positiivista onnistumisen, pystymisen ja selkeyden tunnetta käyttäjille. Käyttäjät eivät kuormitu tietokoneen vuoksi ja tietävät ennalta, mitä mikin toiminto tuottaa. Kun vuorovaikutteinen järjestelmä on hyvin suunniteltu, se lähes ”katoaa”: käyttäjät voivat keskittyä täysin työhön. Tällaisten järjestelmien kehittäminen, joissa tehtävät voidaan hoitaa ilman, että itse järjestelmän käyttäminen sitoo käyttäjän kognitiivisia resursseja, vaatii huolellista suunnittelua. (Norman, 1998)

Käyttöliittymän käsitteestä on useita määritelmiä. Sen voidaan sanoa sisältävän kaikki ne asiat, jotka käyttäjän on tiedettävä tietokoneesta suorittaakseen erilaisia tehtäviä (Johansson, 1992). Toisen määritelmän mukaan käyttöliittymä on mikä tahansa tai kaikki ne tietokoneen käyttämiseen liittyvät aspektit, joiden kanssa käyttäjä on suorassa yhteydessä sisältäen sekä fyysiset komponentit että ohjelmistot (Taylor, 1981). Käyttöliittymää voidaan myös sanoa tietokonesovellusten muodostamaksi ympäristöksi sille, miten jokin asia voidaan tehdä (Bodger, 1991). ATK- sanakirjan mukaan käyttöliittymän käsitteeseen sisältyvät kaikki ne välineet ja toiminnot, joilla käyttäjä on yhteydessä atk- järjestelmään.

3.1 Representaatiot jaetuissa kognitiivisissa tehtävissä

Ihmisen ja koneen interaktio on vuorovaikutusta kognitiivisen järjestelmän ja sen ympäristön kanssa (Aspillaga, 1996). Huolella kehitettyjen käyttöliittymien tulisi vaikuttaa käyttäjän kognitiiviseen toimintaan siten, että tehtävät voidaan suorittaa minimaalisella kognitiivisella ponnistelulla (Stary & Preschl, 1998). Tiedon representaatiot esittävät käyttöliittymien suunnitteluprosessissa keskeistä osaa, koska tietoa representaatioista tarvitaan käyttäjien kannalta toimivien järjestelmien

kehittämiseen. Representaation ja ympäristön suhteen tärkeys nousee esille esimerkiksi tarkasteltaessa käyttöliittymien symboleita.

Ulkoisen symbolin tai sisäinen mielikuva esittävät kumpikin tiettyä ilmiötä tai ulkoisen/sisäisen ympäristön tilaa. Erilaisia toimintaympäristöjä kartoitetaan jatkuvasti havaintomekanismien avulla kognitiivisen järjestelmän käyttöön ja havainnoista muodostettuja representaatioita käytetään toimittaessa vuorovaikutuksessa ympäristön kanssa. Mitä tarkempia sekä propositionaaliset että kuvalliset representaatiot ympäristöstä ovat, sitä paremmin kartoitus mahdollistaa helpon toiminnan ympäristössä. (Stary ym., 1998)

Zhangin & Normanin (1994; Carlson, Wenger & Sullivan, 1993) mukaan kognitiivisen tehtävän rakenne muodostuu jaetusti sisäisen ja ulkoisen representaation kesken. Sisäisellä representaatiolla tarkoitetaan käyttäjän ”mieltä” ja ulkoisella ympäristöä. Sisäisiä representaatioita ovat propositiot, skeemat, mielikuvat jne. Ulkoisia taas fyysiset, havaittavat symbolit, kuten kirjaimet ja fyysisten suhteiden muodostamat säännöt (spatiaaliset suhteet merkkien välillä, graafiset asetelmat jne.).

Sääntörepresentaatiot sisältävät sisäisiä muistettuja sääntöjä ja ulkoisia fyysisiä sääntöjä (Zhang ym., 1994). Sisäisten sääntöjen prosessointi työmuistissa saattaa haitata muita prosesseja, kuten toimintojen suunnittelua. Ulkoiset representaatiot voivat olla luonteeltaan muistin apuna, ne tuottavat informaatiota, jota voidaan suoraan havainnoida ja käyttää ilman tulkintoja päätöksentekoprosessien tukena (Kleinmuntz & Schkade, 1993). Ulkoiset representaatiot voivat näin ankkuroida ja rakentaa kognitiivista toimintaa, muuttaa tehtävän luonnetta esimerkiksi helpottamalla sitä muistikuormaa pienentämällä ja ovat näin välttämätön osa jaetun kognitiivisen tehtävän representaatiojärjestelmää. Muistia avustavia ulkoisia representaatioita suunniteltaessa on kuitenkin huomioitava representationaalinen efekti eli yleisen muotorakenteen samaa tarkoittava, mutta muodoltaan eriävä representaatio (esim. arabialaiset ja roomalaiset numerot), joka voi aiheuttaa ei-haluttua kognitiivista ”harhautumista” (Zhang ym., 1994). Ongelman eri representaatioilla voi siis olla vaikutusta ongelman vaikeuteen, vaikka muodollinen rakenne olisikin sama.

3.2 Suunnitteluperiaatteet

Käyttöliittymien suunnittelua voidaan tarkastella ja ohjata eri tasoilla. Korkean tason mallit ja teorit toimivat apuna suunnitteluprosessin organisoinnissa. Keskitason periaatteita voidaan käyttää eri vaihtoehtojen arviointiin. Yksityiskohtaiset ja käytännölliset suuntaviivat ovat aiempien suunnittelijoiden luomia näkemyksiä sekä kokemuksia käyttöliittymistä, ja testausstrategiat toimivat järjestelmän suunnittelun tukena. Koko suunnitteluprosessin tavoitteena on aikaansaada mahdollisimman hyvin toimiva vuorovaikutussuhde koneen ja käyttäjän välille. (Saastamoinen, 1993)

Norman (1984) esittää suunnittelun perustaksi vaiheittaisen mallin ihminen-kone vuorovaikutuksesta. Tämän vuorovaikutuksen neljä tasoa ovat: 1) intention muodostaminen eli sisäinen mielikuva tavoitteesta; 2) toiminnan valinta eli mahdollisten toimenpiteiden arviointi ja parhaan valinta; 3) toiminnan suorittaminen eli toimenpiteen suoritus koneen avulla sekä 4) tulosten arviointi eli toimenpiteiden suorittamisen aiheuttamien tulosten tarkistaminen. Normanin mukaan virheet syntyvät usein muotoiltaessa intentiota alemmille tasoille käyttökelpoiseen muotoon. Näiden virheiden poistamiseksi suunnittelutyö toimivan kognitiomallin luomiseksi vaatii Normanin (1984) mukaan tietoa käyttöjärjestelmän tekijöiden ja käyttäjien kognitiomalleista. Näistä tärkeimmät ovat loppukäyttäjän mentaalinen malli kohdejärjestelmästä ja suunnittelijan useiden loppukäyttäjien perusteella järjestelmästä muodostama käsitteellinen malli. Näiden lisäksi suunnittelussa on tärkeä myös järjestelmän kehittäjän käsitteellinen malli loppukäyttäjän järjestelmää koskevasta mentaalista mallista.

Ensimmäinen askel kohti tehokkaita järjestelmiä on oikean toiminnallisuuden aikaansaanti eli selvittäminen, mitä tehtäviä ja osatehtäviä järjestelmällä täytyy voida hoitaa. Säännöllisesti suoritettavat tehtävät on yksinkertaista rajata, mutta poikkeukselliset tehtävät ongelmatilanteisiin sekä korjaavat toimenpiteet ovat vaikeampia selvitettäviä. Suunniteltujen tehtävien analysoinnin merkitys on keskeinen, koska järjestelmät, joiden toiminnot eivät ole helposti käytettäviä, usein hylätään tai ne koetaan turhauttaviksi (Bailey, 1982). Toinen askel tehokkuuteen on järjestelmän luotettavuuden turvaaminen. Jos järjestelmä ei toimi tai tuottaa virheitä, ei käyttöliittymän suunnittelun tasolla ole merkitystä.

Suunniteltaessa vuorovaikutusta käyttäjän ja koneen välille tulisi ensiksi varmistaa toimintojen yhtenäisyys siten, että käytetty terminologia sekä tietojen asettelu kestävät samankaltaisina kaikissa tilanteissa (Aspillaga, 1996). Normanin (1991) mukaan käyttäjälle tulisi myös tarjota jatkuvasti informatiivista palautetta toiminnasta eli järjestelmän olisi annettava palautetta käyttäjän jokaisesta operaatiosta. ”Keskustelujen” tulisi olla selkeitä eli toimenpidesarjat tulisi jakaa selkeiksi ryhmiiksi, joilla on alku, keskiosa ja loppu. Myöskin virheiden käsittelyn tulisi olla yksinkertaista. Ensiksi niiden määrä on pyrittävä minimoimaan, eikä virheiden sattuminen saa johtaa käyttäjään kohdistuvaan ”rangaistukseen”, kuten tietojen uudelleensyöttöön. Tehdyistä virheistä on siis voitava selviytyä stressaantumatta esimerkiksi mahdollistamalla toimintojen yksinkertainen peruminen siten, että mahdollisimman monen toiminnan tulee olla peruttavissa (poistaa ”hermostumista” epävarmoilta käyttäjiltä). Ongelmaton vuorovaikutus tukee laitteen käyttäjän sisäistä kontrollia ja tehostaa siten järjestelmän ominaisuuksien käyttöä.

Galitzin (1985) mukaan käyttäjille tärkeitä tekijöitä järjestelmien näyttöjä suunniteltaessa ovat yleinen selkeän järjestyksen noudattaminen, jolloin käyttäjä tietää, mitä tietoa näytöllä esitetään ja mitä hänen sille pitäisi tehdä. Tieto on myös esitettävä yksinkertaisella kielellä paikassa, jossa käyttäjät olettavatkin sen olevan sekä esitetyn tiedon vastaavuudet on tuotava selvästi esille (otsikot, kenttien otsakkeet jne.). Näiden periaatteiden avulla voidaan työmuistin tarve minimoida, sekä vähentää käyttäjän tekemien virheiden määrää ja näin päästä käyttäjälle edulliseen voimavarojen hyötykäyttösuhteeseen (Kleinmuntz ym., 1993).

Käyttöliittymiä suunniteltaessa on myös otettava huomioon eri käyttäjäryhmät ja käyttäjien yksilölliset tarpeet, koska yhden kannalta hyvä voi olla toisen kannalta mahdoton käyttää (Egan, 1988). Carrollin & Reitman Olsonin (1988) luomien käyttöliittymiä koskevien mentaalisten mallien avulla voidaan analysoida vaikeusastetta tietyille käyttäjäryhmälle. Heidän mukaansa jokaisella käyttäjällä on kolmenlaista tietämystä. Tehtäväsuuntautunut tietämys kertoo, mikä on suorituksen päämäärä, ja mitä osatehtäviä sen saavuttamiseksi tulee suorittaa. Käyttöliittymäsuuntautunut tietämys kertoo, kuinka järjestelmällä suoritetaan tarvittavat osatehtävät, mikä on tiedon esitysmuoto ja vuorovaikutuksen kieli. Lisäksi on järjestelmän rakenteeseen suuntautunutta tietämystä, joka kertoo kuinka järjestelmä toimii. Hyvä käyttöliittymä

auttaa pelkän tehtäväsuuntautuneenkin tietämyksen varassa olevaa käyttäjää luovimaan onnistuneeseen suoritukseen.

Järjestelmiin kohdistuneen tiedon lisäksi muita suunnittelussa huomioonotettavia inhimillisiä tekijöitä ovat toimintojen omaksumiseen kuuluva oppimisaika, tehtävien suoritus-aika, tehtyjen virheiden määrä ja laatu, käyttäjän subjektiivinen tyytyväisyys, sekä ajan myötä tapahtuva unohtaminen. Lisäksi kognitiivisiin toimintoihin vaikuttavat myös ympäristölliset tekijät, kuten meteli, kuumuus, heijastukset näyttöpäätteen ruudulla sekä työasennot. Tekniikasta ja ihmisistä samalla puhuttaessa on myös otettava huomioon ihmisten erilainen suhtautuminen tietokoneisiin: toiset pitävät niistä ja toiset vastaavasti ”jännittävät” niiden käyttöä. (Bailey, 1982)

3.3 Valikkopohjainen vuorovaikutustyyli

Suunniteltaessa käyttöliittymiä niitä vähän tai harvoin käyttäville eli tehtäväsuuntautuneille käyttäjille, on otettava erityisen tarkasti huomioon vuorovaikutuksen laatu ja selkeys. Valikkopohjaisessa vuorovaikutuksessa käyttäjät tutkivat ensin listaa valittavista toimenpiteistä, jonka jälkeen he valitsevat tehtävän kannalta parhaan vaihtoehdon ja ilmaisevat valintansa koneelle. Tämän jälkeen käyttäjät tarkkailevat koneen tuottamia tuloksia. Jos käytetty terminologia ja esitetyt vaihtoehdot ovat merkityksellisiä ja selkeitä, voi käyttäjä suorittaa tehtävänsä vähällä opiskelulla ja muistamisella sekä vain muutaman näppäimen painalluksella. Suurin etu valikkopohjaisessa järjestelmässä on, että vain muutama päätöksenteon kannalta asiaankuuluva vaihtoehto on kerrallaan nähtävissä. Valikkopohjainen vuorovaikutustyyli sopii erityisesti aloittelijoille ja satunnaisille käyttäjille, koska se auttaa käyttäjää ohjaamalla tämän päätöksentekoa. (Saastamoinen, 1993)

Valikkopohjaiset järjestelmät voivat hyvin toteutettuna vähentää järjestelmän koulutustarvetta ja käytönaikaista muistamista. Valikot vähentävät näppäilyvirheiden määrää ja auttavat aloittelevaa/satunnaista käyttäjää hahmottamaan tehtävän rakenteen. Valikkopohjaisen järjestelmän suunnittelijan ensisijainen tavoite on luoda mielekäs, ymmärrettävä, helposti muistettava ja miellyttävä semanttinen järjestys eri valintavaihtoehtoilta, esim. hierarkkisten ryhmittelyjen avulla, joiden tulee olla helposti ymmärrettäviä ja yksiselitteisiä (Aspillaga, 1996).

Kun vaihtoehtojen määrä kasvaa suureksi ja niiden hallinta tulee kognitiivisesti vaikeaksi, ihmiset ryhmittelevät samankaltaisia asioita ja muodostavat ryhmistä ”puumaisia” rakenteita (Brown, 1982). Luokittelu on monimutkainen prosessi, jolle ei aina ole olemassa täydellistä lopputulosta. Puurakenteiset valikot ovat tehokkaita järjestettäessä suuria vaihtoehtomääriä aloitteleville ja satunnaisille käyttäjille. Jos ryhmittelyt ovat luonnollisia sekä käyttäjää miellyttäviä, ja käyttäjä tietää, mitä haluaa tehdä, ovat valikot nopeita (Tullis, 1988). Jos ryhmittely ei ole luonnollinen ja ymmärrettävä, tulee vastaan eksymisvaara. Tämän vuoksi ryhmät olisi hyvä muodostaa loogisesti yhteenkuuluvista asioista ja kaikki loogiset vaihtoehdot kattaviksi (Brown, 1982). Tulisi myös varmistaa, ettei valinnoissa ole päällekkäisyyttä, ja että käytetty terminologia on yksinkertaista ja selkeää.

Nopeutettaessa liikkumista puumaisissa valikoissa voidaan rakentaa silmukattomia tai silmukallisia verkkoja, jotka mahdollistavat pääsyn samaan valintaan useamman polun kautta. Näin siirtyminen puun toiseen haaraan onnistuu suoralla valinnalla tarvitsematta peruuttaa aina juureen. Tällaisissa verkostoissa sijaintitason tietäminen on äärimmäisen tärkeää eksymisen välttämiseksi. (Saastamoinen, 1993)

3.4 Tutkimusongelma

Valikkopohjainen käyttöliittymä vähentää käyttäjän muistin ja oppimisen tarvetta. Kuitenkin monimutkaisissa tehtävissä valikoista joudutaan rakentamaan puumaisia rakenteita, joissa voi olla vaarana käyttäjän eksyminen oikealta polulta ilman käyttäjän saamaa oikeanlaista opastusta.

Tässä tutkimuksessa selvitettiin VR: n käyttämän lippuautomaatin eli Junamaatin käyttöliittymän toimivuutta. Tutkimusongelmana oli: 1) Muuttuvatko käyttäjien reaktioajat tehtävissä, joissa oikean ratkaisun saaminen vaatii syvemmälle ”puuhun” menemistä valikkopohjaisessa käyttöliittymässä sekä; 2) Muuttuvatko käyttäjien tekemät virhemäärät suhteessa tehtäviin käytetyn ajan kanssa.

4 MENETELMÄT

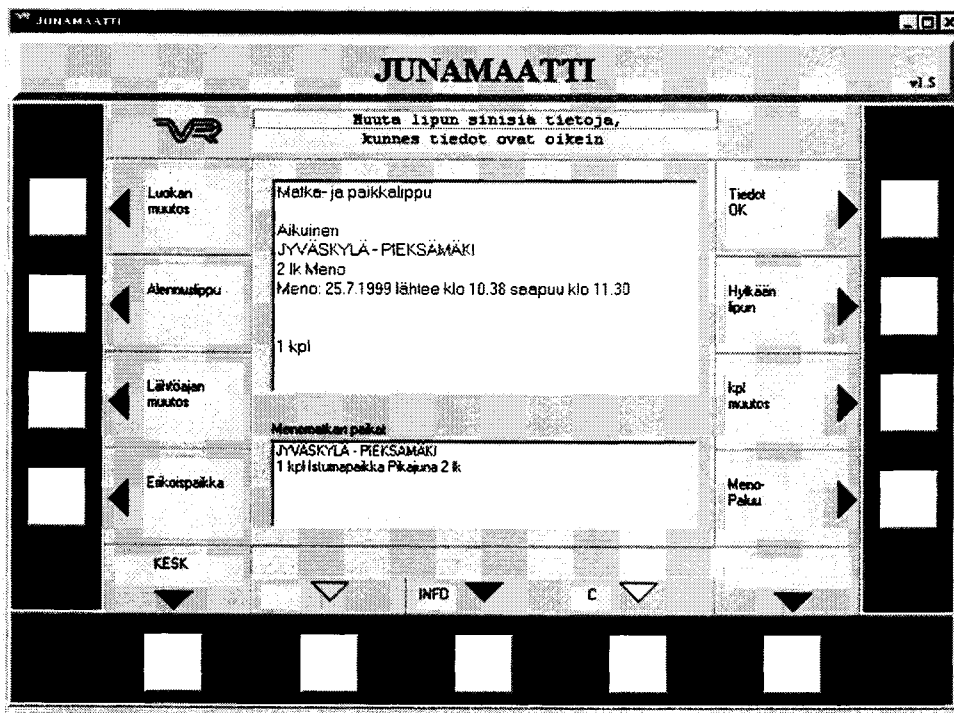
4.1 Koehenkilöt

Tutkimukseen osallistui kaksikymmentä koehenkilöä (12 naista ja 8 miestä), joilla ei ollut aiempaa käyttökokemusta Junamaatista. Koehenkilöt olivat 21-30 v. ikäisiä korkeakouluopiskelijoita. Neljällä koehenkilöistä oli yli viiden vuoden käyttökokemuksen tietokoneista, loput ilmoittivat vastaavaksi ajaksi 1-5 vuotta. Koehenkilöiden keskimääräiset viikoittaiset tietokoneen käyttöajat vaihtelivat alle viidestä tunnista (7), viidestä kymmeneen tuntiin (10), kymmenestä kahteenkymmeneen tuntiin (2) ja yli kahteenkymmeneen tuntiin (1). Kaksitoista osallistujista käytti tietokonetta pääasiassa työssään ja kahdeksan vapaa-aikanaan. Käyttöjärjestelmistä tutuin oli Windows 95/98 (19) ja yhdessä tapauksessa Linux/Unix.

4.2 Laitteet ja ärsykkeet

Kokeessa käytettiin Wings Maxima P II 233- tietokonetta (Windows NT-käyttöjärjestelmä) ja ViewSonic E771 näyttöä. Hannu Puomion ohjelmoima Junamaatti-koeohjelma täytti koko näytön 24 cm x 32 cm alueen lukuun ottamatta Windowsin alareunan tehtäväpalkkia. Koehenkilöiden katseluetäisyys näyttöön oli noin 55 cm.

Junamaatti- koeohjelma muodostui toiminnallisesti kahdesta osasta (kuvio 1): mustista 3,1 astetta leveistä reuna-alueista, joilla sijaitsivat valkoiset 2,1° x 2,1° leveät ”kosketusnäppäimet” toimintoja varten, sekä 24,4° x 16,7° kokoisesta keskiosasta, jossa sijaitsi käyttäjän tarvitsema informaatio (kuvio 3). Koehenkilöiden toiminta tapahtui tietokoneen hiiren ja näppäimistön avulla siten, että he käyttivät hiirellä ainoastaan reuna-alueiden valkeita näppäimiä ja näppäimistöllä pystyi toimimaan ainoastaan kirjoittamista vaativissa tehtävissä. Hiiren osoitin muuttui valkoisten näppäimien kohdalla käden kuvaksi osoituksena toimimismahdollisuudesta ja näppäimistön käyttömahdollisuutta osoitti vilkkuva kohdistin.



KUVIO 3. Mustien reunojen valkeat napit toimintoja varten. Keskiosassa vihjeet käyttäjää varten.

4.3 Kokeen kulku

Koehenkilöt suorittivat ”Junamaatti-simulaattorilla” kaksi viiden tehtävän sarjaa siten, että ensimmäinen koehenkilö aloitti sarjojen ensimmäisistä tehtävistä, toinen toisista jne. Tehtävät oli suunniteltu asteittain vaikeutuvaksi ensimmäisen ollessa helpoin ja viidennen vaikein kummassakin sarjassa. Kaikki koehenkilöt suorittivat ensiksi ensimmäisen sarjan junien lähtöaikoja koskevat tehtävät ja tämän jälkeen toisen sarjan lipunostotehtävät. Molempien sarjojen tehtävät annettiin koehenkilölle kirjallisina erillisillä papereilla yksi kerrallaan ennen tehtävän aloittamista. Annettu tehtävä oli luettavissa myös koko kyseisen tehtävän suorittamisen ajan. Koehenkilön ilmoitettua olevansa valmis suoritukseen, kokeenjohtaja aloitti tehtävän ohjauspainikkeillaan, joilla tehtävä myös lopetettiin koehenkilön ilmoittaessa olevansa valmis. Ensimmäisessä sarjassa koehenkilön tuli etsiä Junamaattista vastaus kysymyksiin junien lähtöajoista, ja

ilmoittaa halutun junan lähtöaika suullisesti kokeen johtajalle. Koehenkilölle annettiin siinä seuraavat tehtävät: 1) Mihin aikaan lähtee tämän päivän ensimmäinen juna Jyväskylästä Pieksämäelle, 2) Mihin aikaan lähtee tämän päivän ensimmäinen juna Jyväskylästä Imatralle, 3) Mihin aikaan huomenna lähtee toinen juna Jyväskylästä Iisalmeen, 4) Mihin aikaan lähtee tämän päivän toinen juna Helsingistä Joensuuhun, sekä 5) Mihin aikaan huomenna lähtee kolmas juna Pieksämäeltä Tampereelle.

Toinen sarja sisälsi vuorostaan tehtäviä, joissa koehenkilön tuli ”ostaa” automaattista lippu annetuin ehdoin. Tehtävät olivat: 1) Osta matka- ja istumapaikkalippu tämän päivän ensimmäiseen Jyväskylästä Turkuun menevään junaan, 2) Osta matka- ja istumapaikkalippu tämän päivän ensimmäiseen Jyväskylästä Iisalmeen menevään junaan, 3) Osta matka- ja istumapaikkalippu huomisen toiseen Jyväskylästä Imatralle menevään junaan, 4) Osta matka- ja istumapaikkalippu allergiapaikalle tämän päivän toiseen Turusta Pieksämäelle menevään junaan, sekä 5) Osta matka- ja istumapaikkalippu varusmiehelle huomispäivän kolmanteen Tampereelta Hämeenlinnaan menevään junaan.

Kaikista kymmenestä tehtävästä mitattiin suoritus aika. Lisäksi kokeenjohtaja rekisteröi koehenkilöiden tekemät virheet kahteen eri virheluokkaan. Ensimmäiseksi virhetyypiksi katsottiin tehtävänannossa määräytyistä ehdoista poikkeaminen, kuten esim. lemmikkipaikan ostaminen allergiapaikan sijaan. Toinen virhetyyppi muodostui käyttäjän ja ohjelman välisistä väärinkäsityksistä. Tällaisiksi katsottiin oikealta reitiltä harhautuminen, väärin nappien painaminen (esim. napit vailla toimintoa tai väärän toiminnon painaminen halutun sijaan) sekä 30 sekunnin säännön rikkominen (ohjelma palaa automaattisesti alkutilaan jos käyttäjä ei paina jotain nappia 30 sekunnin kuluessa).

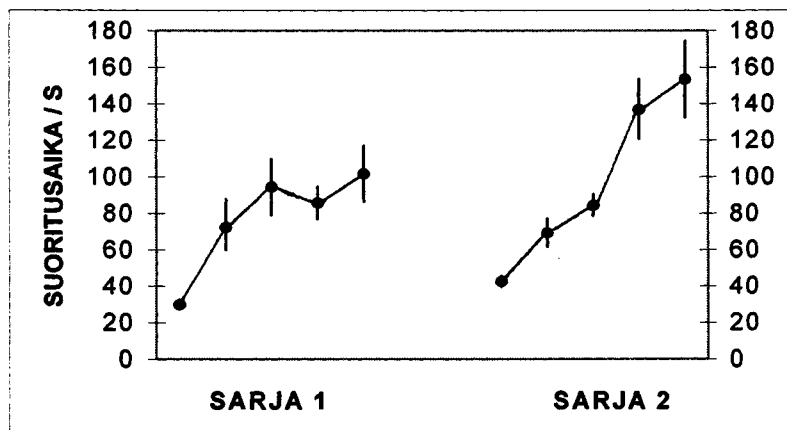
4.4 Tilastollinen analyysi

Tehtävän vaikeusasteen vaikutusta suoritus aikoihin tutkittiin yksisuuntaisen varianssianalyysin avulla. Lisäksi tarkasteltiin tehtyjen virheiden määrän riippuvuutta tehtävän vaikeustasosta. Tilastolliset analyysit tehtiin Microsoft Excel –ohjelmalla.

5 TULOKSET

Tässä tutkimuksessa selvitettiin VR:n lippuautomaatin eli Junamaatin käytettävyyttä kahden tehtäväsarjan avulla. Tätä mitattiin kunkin tehtävän suorittamiseen käytetyn ajan (ja virhesuoritusten lukumäärän) avulla. Toisin sanoen jos koehenkilöt suoriutuivat tehtävistä nopeasti ja tekivät vähän virheitä, Junamaatin käytettävyys on hyvä.

Kuviossa 4 on esitetty ensimmäisen ja toisen tehtäväsarjan keskimääräiset suoritusajat (20 koehenkilön keskiarvot) tehtävien vaikeusasteen funktiona. Tehtävän vaikeutuessa reaktioajat pitenevät – erityisesti toisessa tehtäväsarjassa, jossa koehenkilöiden tehtävänä oli lipun ostaminen. Mielenkiintoista on kuitenkin se, että vaikeimmassakin tehtävässä keskimääräinen reaktioaika oli vain 153 sekuntia.



KUVIO 4. Kahdenkymmenen koehenkilön reaktioaikojen keskiarvot ensimmäisessä ja toisessa sarjassa tehtävän vaikeusasteen funktiona. Pystysuorat viivat osoittavat ± 1 keskiarvon keskivirheen.

Yksisuuntainen varianssianalyysi vahvisti sen, että suoritus aika piteni Junamaatilla suoritettavan tehtävän vaikeutuessa (taulukko 2).

TAULUKKO 1. Tehtäväsarjojen 1 ja 2 yksisuuntaiset varianssianalyysit osoittavat erittäin merkitseviä eroja tehtävien välillä.

Vaihtelun lähde	va	F	P-arvo
SARJA 1	99	5.819681	< .001
SARJA 2	99	13.41782	< .001

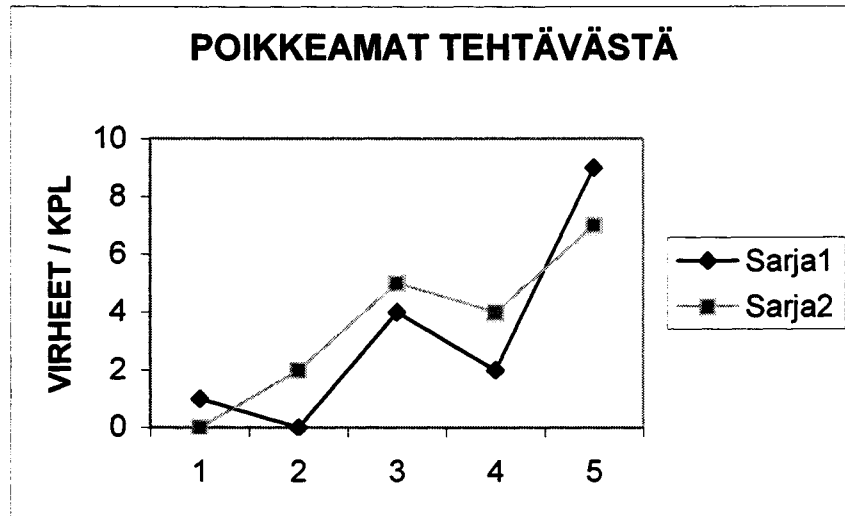
Suoritusaikojen pareittainen vertailu t-testin avulla osoittaa suoritusajan kasvun tehtävien välillä (taulukko 1). Ensimmäisessä sarjassa kasvu on aluksi jyrkkää, tasoittuen neljän viimeisen tehtävän välillä. Toisessa sarjassa aikojen kasvu osoittaa selvemmin tehtävien vaikeutuvan luonteen.

TAULUKKO 2. Tehtävien pareittainen vertailu osoittaa reaktioaikojen kasvun merkitsevyyden tehtävien välillä.

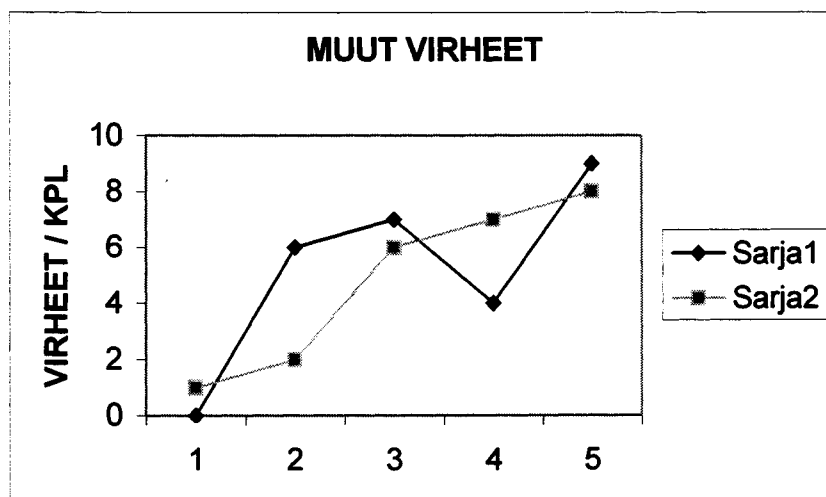
SARJA 1	TEHTÄVÄT	t	P
	1 & 2	-3.466	<.05
	1 & 3	-4.286	<.001
	1 & 4	-5.871	<.001
	1 & 5	-5.048	<.001
	2 & 3	-1.821	EM
	2 & 4	-0.92	EM
	2 & 5	-1.653	EM
	3 & 4	0.512	EM
	3 & 5	-0.44	EM
	4 & 5	-1.012	EM

SARJA 2	TEHTÄVÄT	t	P
	1 & 2	-3.292	<.05
	1 & 3	-8.011	<.001
	1 & 4	-6.168	<.001
	1 & 5	-5.568	<.001
	2 & 3	-1.853	EM
	2 & 4	-4.868	<.001
	2 & 5	-4.295	<.001
	3 & 4	-3.866	<.001
	3 & 5	-3.621	<.05
	4 & 5	-1.009	EM

Koehenkilöiden virheiden analyysissä huomioitiin kahdenlaisia virheitä, poikkeamia annetusta tehtävästä (kuvio 5) sekä sekaannuksia ohjelman käytössä (kuvio 6). Jälkimmäiset katsottiin virheiksi, vaikka lopputulos olisikin täyttänyt tehtävässä annetut ehdot.



KUVIO 5. Koehenkilöiden poikkeamat annetusta tehtävästä. Kuviossa koehenkilöiden tekemien virheiden yhteenlaskettu määrä jokaista tehtävää kohden.



KUVIO 6. Sekaannukset ohjelman käytössä, 30 sekunnin ylitykset ja väärät napit. Kuviossa koehenkilöiden yhteenlasketut virhemäärät tehtävää kohden.

Tehtävän vaikeutuessa kummankin virhetyypin määrä kasvoi sekä ensimmäisessä että toisessa tehtäväsarjassa. (kuviot 5 ja 6). Kuitenkin keskimääräinen virheiden määrä oli yllättävän pieni – alle 4 virhettä/henkilö kaikki suoritettut tehtävät huomioiden.

6 TULOSTEN TARKASTELUA

Tämän tutkimuksen tulokset viittaavat siihen, että Junamaatin valikkopohjainen käyttöliittymä on toimiva ratkaisu kokemattomallekin käyttäjälle. Koehenkilöiden suoritusajat kasvavat tehtävien vaikeutuessa, mutta vaikeimmankin tehtävän keskimääräiset reaktioajat ovat silti vain 153 sekuntia. Osan reaktioaikojen kasvusta selittää lisääntynyt suoritusmäärä tehtävää kohden: jokainen tehtävä vaatii aina yhden ”askelman” lisää edelliseen verrattuna, jolloin aikaa pitäisi kulua aina hieman edellistä suoritusta kauemmin. Ensimmäisen sarjan kohdalla kasvu jatkuu tasaisena kolmanteen tehtävään asti, jonka jälkeen ajoissa ei ole enää merkitsevää eroa. Toisessa sarjassa käypäinvastoin tasaisen kasvun päättyessä kolmanteen tehtävään, jonka jälkeen tapahtuu suoritusajan tilastollisesti erittäin merkitsevä kasvu. Koska kaikki koehenkilöt suorittivat ensin ensimmäisen sarjan, jonka aikana Junamaatin perustoiminnot sekä toimintatavat tulivat tutuiksi, voidaan ensimmäisen sarjan ”askelmien” katoaminen selittää oppimisen avulla. Toisen sarjan vaikeimmat tehtävät osoittavat kuitenkin käyttöliittymän puumaisen rakenteen vaikeudet etsittäessä harvoin tarvittavia tietoja ”syvältä” valikosta.

Virheiden määrä seuraa reaktioaikojen kasvua. Jälleen on kuitenkin todettava tehtyjen virheiden pieni määrä; keskimäärin 4 virhettä henkilöä kohden kaikki tehtävät huomioitaessa. Ensimmäisen sarjan kohdalla poikkeamat annetusta tehtävästä sisältävät lähinnä unohduksia päivämäärän muutoksen suhteen, kun taas toisessa sarjassa koehenkilöille tapahtui tehtävänannon kannalta vakavampia sekaannuksia, mm. kokonaan väärentyyppisten lippujen ostamista. Muut virheet, eli väärät reitinvalinnat, toiminnattomat painikkeet sekä 30 sekunnin ylitykset lisääntyivät samoin tehtävien vaikeuden lisääntymisen myötä. Tämä viittaa reaktioaikojen kaltaisesti käyttäjien kokemuksiin syvälle valikkoon mentäessä.

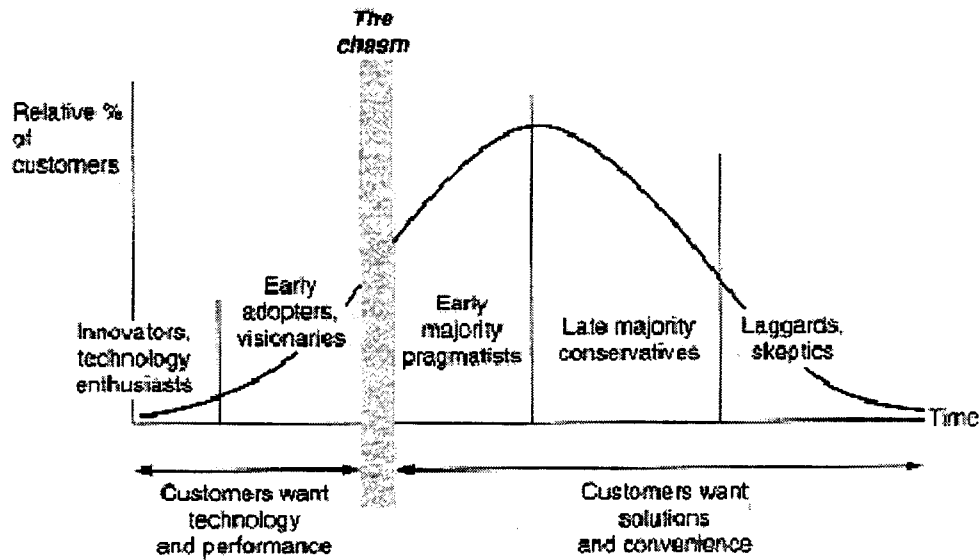
Junamaatin valikkopohjainen käyttöliittymä antaa käyttäjän tarvitseman tiedon tekstimuodossa (kuvio 3). Käyttäjältä ei tällöin vaadita mitään symbolien tuntemusta, eikä toimintojen ulkoa opettelua, vaan riittää, kun hän ymmärtää ulkoisissa representaatioissa annetut toimintasäännöt (Zhang ym., 1994). Aspillagan (1996) mukaan tietojen asettelun tulisi pysyä samankaltaisena kaikissa tilanteissa. Esimerkin tämän periaatteen laiminlyömisestä antaa Junamaatin ”Tiedot OK” - painikkeen

sijainnin vaihtelu kolmessa eri paikassa ruudun oikealla reunalla, mistä johtuen lähes kaikki koehenkilöt painoivat jossain vaiheessa väärää painiketta yrittäessään kuitata valitut tiedot hyväksytyksi. Tällaiset tiedon asettelun muutokset, varsinkin tekstipohjaisen käyttöliittymän ollessa kyseessä, pakottavat käyttäjän käymään annetun informaation joka ruudun kohdalla tarkasti läpi virheiden välttämiseksi. Seurauksena tästä on Kleinmuntzin ym. (1993) mukaan työmuistin turha kuormittaminen sekä järjestelmän heikentynyt käytettävyyttä. Työmuistin kuormitus näkyikin tuloksissa 30 sekunnin toimimattomuusrajan ylityksinä, jonka jälkeen käyttäjä joutuu aloittamaan toiminnan uudelleen aloitusvalikosta. Varsinkin lipun lopullisia ostotietoja varmistettaessa 30 sekunnin raja koettiin koehenkilöiden osalta liian vaativaksi. Valikoiden muuttuvasta järjestyksestä johtuen koehenkilö saattoi Junamaattia käyttäessään joutua väärälle ”polulle”, josta ainoa paluu oli tehtävän keskeytys ja alusta aloittaminen. Ohjelma ei sisällä Normanin (1991) mukaan tärkeää ”stressitöntä” peruutustoimintaa, jolla pienet virheet ja harharetket voisi saada helposti joka ruudun kohdalla perutuksi, vaan käyttäjä saa useissa kohdissa ”rankaisuna” virheestään aloittaa tietojen uudelleensyötön.

Kaikki koehenkilöt käyttävät säännöllisesti tietokonetta ja tuntevat hyvin Windows 95/98 käyttöjärjestelmän. Tässä mielessä koehenkilöitä ei voida Carrollin ym. (1988) mukaan lukea pelkän tehtäväsuuntautuneen tiedon varassa toimiviksi. Arkielämän säännöllisen tietokoneiden käytön vuoksi heillä voisi olettaa olevan parhaat edellytykset Junamaatin tehokkaaseen käyttöön. Kokeen toistaminen vanhemmilla koehenkilöillä, joille tietotekniikka ei kuulu normaaliin arkeen, olisi hyödyllistä valikkojen todellisen opastuskyvyn selvittämiseksi. Voidaan olettaa koeryhmän henkilöiden kaltaisten, tietokoneita säännöllisesti työssään tai vapaa-aikanaan käyttävien myös kokeilevan mielellään uusia Junamaatin kaltaisia tietokonepohjaisia palveluita.

Teknologiapalveluiden suosiminen on Normanin (1998) mukaan ominaista innovatiivisille teknologian ystäville ja uusiin järjestelmiin nopeasti tottuville visionääreille (kuvio 7). Näitä ”innokkaita” ensikäyttäjiä on kuitenkin kokonaisväestöstä hyvin pieni osa. Loput väestöstä ei kaipaa teknologiaa vain sen itsensä takia, vaan hakee tekniikasta hyötyä, kuten tehokkuutta työskentelyyn tai mukavuutta elämään. On myös mahdollista, että teknologian kehittyminen ja siihen yhä suurempi turvautuminen koetaan vastenmieliseksi asiaksi. Tällöin järjestelmät

hyväksytään osaksi omaa elämää vasta useiden tuotesukupolvien jälkeen, jolloin uutuus ja turha ”vouhotus” on karissut tuotteen ympäriltä.



KUVIO 7. Normanin (1998) mukaan ”teknologiaintoilijoiden” ja myöhempien hyötykäyttäjien välillä on kuilu, joka osoittaa viivettä uusien teknologioiden käyttöönotossa.

Normanin (1998) mielestä uusien teknologioiden suosioden ja myöhempien ”hyötykäyttäjien” välissä sijaitsee kuilu, jonka poistamiseksi uudet laitteet on suunniteltava vastaamaan konservatiivisempienkin käyttäjien vaatimuksia jo järjestelmän elinkaaren alusta alkaen. Näin on mahdollista lyhentää viivettä, jonka uudet järjestelmät kokevat ”intoilijoista” hyötykäyttäjiin siirryttäessä. Tällaiseen entistä käyttäjäystävällisempään teknologiaan on mahdollista päästä huomioimalla ihminen-kone-suhteen suunnittelussa nykyistä paremmin käyttäjien fyysisiä ja kognitiivisia kykyjä.

6.1 Yhteenveto

Kokeessa tarkasteltu Junamaatti- lippuautomaatti on tarkoitettu VR:n asiakkaiden pikapalveluun. Helppojen pikavalintatoimintojen ja kosketusnäytön ansiosta käyttöliittymä on helppo ja nopea myöskin ensikertalaiselle käyttäjälle yksinkertaisten lippuostosten ollessa kyseessä. Tämän vahvistaa tutkimuksen kummankin sarjan ensimmäinen tehtävä, joissa riittää pelkkä pikavalinpainikkeiden käyttö.

Koehenkilöiden suoritukset ovat näissä kahdessa tehtävässä tilastollisesti erittäin merkitsevästi sarjojen muita suorituksia nopeampia. Monimutkaisemman tehtävän, siis tehtävän jossa joudutaan luopumaan yksinkertaisista pikavalinnoista ja sukeltamaan ”syvemmälle” ohjelmaan, suorittaminen voi johtaa tutkimustuloksista havaittujen virheiden ja reaktioaikojen kasvun perusteella lippuluukulle jonottamista suurempaan kognitiivisen kapasiteetin rasittamiseen. Kokeen tuloksia tarkasteltaessa on kuitenkin huomioitava varsin homogeeninen koehenkilöryhmä (korkeakouluopiskelijoita ja hyvä käyttökokemus tietokoneista). Vaatisi siis heterogeenisemmän joukon, jotta tuloksia voisi yleistää Junamaatin ”tavanomaisiin” käyttäjiin. Lisäksi juuri tietokoneiden käyttökokemus auttaa todennäköisesti poistamaan koetilanteessa kosketusnäytön sijasta käytetyn hiiri/näyttö yhdistelmän vaikutuksen. Mikäli käyttökokemus hiirestä olisi vähäistä, voisi koeasetelman Junamaatti tuottaa paljon suurempia vaikeuksia kuin ”oikean” Junamaatin käyttäminen. Kosketusnäyttö antaa suoran tuntuman ihmisen ja koneen vuorovaikutukselle, joten se sopii Saastamoisen (1993) mukaan hyvin vähän koneita käyttäneiden avuksi esimerkiksi julkisiin tiloihin.

LÄHTEET

- Anderson, J. R. (1974). Retrieval of Propositional Information from Long-Term Memory. *Cognitive Psychology*, 6, 451-474
- Anderson, J. R. (1995). *Cognitive Psychology and Its Implications*. (4th ed.). W. H. Freeman and Company, New York
- Appleyard, D. (1973). Notes on Urban Perception and Knowledge. In R. M. Downs & D. Stea (Eds.), *Image and Environment: Cognitive Mapping and Spatial Behavior* (s.109-114). Chicago: Aldine Publishing Company
- Ashcraft, M. H. (1989). *Human Memory and Cognition*. Harper Collins Publishers, United States of America
- Aspillaga, M. (1996). Perceptual Foundations in the Design of Visual Displays. *Computers in Human Behavior*, 12 (4), 587-600
- Baddeley, A. D. (1990). *Human Memory: Theory and Practice*. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, Hove and London
- Bailey, R. W. (1982). *Human Performance engineering: A Guide for System Designers*. Prentice-Hall of Canada, Ltd., Toronto
- Bransford, J. D. & Franks, J. J. (1971). The Abstraction of Linguistic Ideas. *Cognitive Psychology*, 2, 331-350
- Brooks, L. R. (1968). Spatial and Verbal Components of the Act of Recall. *Canadian Journal of Psychology*, 22 (5), 349-368
- Briggs, R. (1973). Urban Cognitive Distance. In R. M. Downs & D. Stea (Eds.), *Image and Environment: Cognitive Mapping and Spatial Behavior* (s.361-388). Chicago: Aldine Publishing Company
- Brown, J. W. (1982). Controlling the Complexity of Menu Networks. *Communications of the ACM*, 25 (7), 412-417
- Carlson, R. A., Wenger, J. L. ja Sullivan, M. A. (1993). Coordinating Information from Perception and Working Memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 19 (3), 531-548

- Carroll, J. M. & Reitman Olson, J. (1988). Mental Models in Human-Computer Interaction. In Helander, M. (ed.), *Handbook of Human-Computer Interaction* (pp. 45-65). North-Holland: Elsevier Science Publishers B. V.
- Chambers, D. & Reisberg, D. (1985). Can Mental Images Be Ambiguous? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 11 (3), 317-328
- Collins, A. M. & Quillian, M. R. (1969). Retrieval Time from Semantic Memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 8, 240-247
- Denis, M. (1991). *Image and Cognition*. Harvester Wheatsheaf, Hartfordshire.
- Denis, M. & Cocude, M. (1997). On the Metric Properties of Visual Images Generated from Verbal Descriptions: Evidence for the Robustness of the Mental Scanning Effect. *European Journal of Cognitive Psychology*, 9 (4), 353-379
- Denis, M. & Zimmer, H. D. (1992). Analog Properties of Cognitive Maps Constructed from Verbal Descriptions. *Psychological Research*, 54, 286-298
- Downs, R. M. & Stea, D. (1977). *Maps in Minds: Reflections on Cognitive Mapping*. Harper & Row, New York.
- Egan, D. E. (1988). Individual differences in Human-Computer Interaction. In Helander, M. (ed.), *Handbook of Human-Computer Interaction* (pp. 543-568). North-Holland: Elsevier Science Publishers B.V.
- Farah, M. J., Hammond, K. M., Levine, D. N. & Calvanio, R. (1988). Visual and Spatial Mental Imagery: Dissociable Systems of Representation. *Cognitive Psychology*, 20, 439-462
- Gale, N., Golledge, R. G., Pellegrino, J.W. & Doherty, S. (1990). The Acquisition and Integration of Route Knowledge in an Unfamiliar Neighborhood. *Journal of Environmental Psychology*, 10, 3-25
- Galitz, W. O. (1985). *Handbook of Screen Format Design*. (2nd ed.). North-Holland, Amsterdam
- Gernsbacher, M. A. (1985). Surface Information Loss in Comprehension. *Cognitive Psychology*, 17, 324-363
- Goldstein, E. B. (1996). *Sensation and Perception* (4th ed.). Pacific Grove, LA Brooks/Cole Pub.

- Golledge, R. G., Smith, T. R., Pellegrino, J. W., Doherty, S., Marshall, S. P. (1985). A Conceptual Model and Empirical Analysis of Children's Acquisition of Spatial Knowledge. *Journal of Environmental Psychology*, 5, 125-152
- Griffin, D. D. (1973). Topographical Orientation. In R. M. Downs & D. Stea (Eds.), *Image and Environment: Cognitive Mapping and Spatial Behavior* (s.296-299). Chicago: Aldine Publishing Company
- Hart, R. A. & Moore, G. T. (1973). The Development of Spatial Cognition: A Review. In R. M. Downs & D. Stea (Eds.), *Image and Environment: Cognitive Mapping and Spatial Behavior* (s.249-288). Chicago: Aldine Publishing Company
- Held, R. A. & Moore, G. T. (1963). Motor-Sensory Feedback and the Geometry of Visual Space. *Science*, 141, 722-723
- Johansson, P. (1992). *Human-Computer Interaction: Psychology, Task Analysis and Software Engineering*. London. McGraw-Hill
- Kaplan, S. (1973). Cognitive Maps in Perception and Thought. In R. M. Downs & D. Stea (Eds.), *Image and Environment: Cognitive Mapping and Spatial Behavior* (s.63-78). Chicago: Aldine Publishing Company
- Kaplan, S. & Kaplan, R. (1982). *Cognition and Environment: Functioning in an Uncertain World*. Praeger Publishers, New York
- Kosslyn, S. M., Reiser, B. J. & Ball, T. M. (1978). Visual Images Preserve Metric Spatial Information: Evidence From Studies of Image Scanning. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 4 (1), 47-60
- Kleinmuntz, D. N. & Schkade, D. A. (1993). Information Displays and Decision Processes. *Psychological Science*, 4 (4), 221-227
- McNamara, T. P., Ratcliff, R. & McKoon, G. (1984). The Mental Representation of Knowledge Acquired from Maps. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 10 (4), 723-732
- McNamara, T. P. (1986). Mental Representations of Spatial Relations. *Cognitive Psychology*, 18, 87-121
- McNamara, T. P., Hardy, J. K. & Hirtle, S. C. (1989). Subjective Hierarchies in Spatial Memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 15 (2), 211-227

- Moore, G.T. & Golledge, R. G. (eds.) (1976). *Environmental Knowing*. Dowden, Hutchinson & Ross, Inc., Stroudsburg, Pennsylvania
- Norman, D. A. (1983). Design Rules Based on Analysis of Human Error. *Communications of the ACM*, 26 (4), 254-258
- Norman, D. A. (1984). Stages and Levels in Human-Machine interaction. *International Journal of Man-Machine Studies*, 21, 365-375
- Norman, D. A. (1991). *Miten avata mahdottomia ovia? Tuotesuunnittelun salakarit*. Gummerus Kirjapaino OY, Jyväskylä.
- Norman, D. A. (1998). *The Invisible Computer: Why Good Products Can Fail, the Personal Computer is so Complex and Information Appliances Are the Solution*. Mit Pr. UK
- Norman, D. A. & Rumelhart, D. E. (1975). *Explorations in Cognition*. W.H. Freeman & Company, San Francisco
- Perrig, W. & Kintsch, W. (1985). Propositional and Situational Representations of Text. *Journal of Memory and Language*, 24, 503-518
- Presson, C. C., DeLange, N. & Hazelrigg, M. D. (1989). Orientation Specificity in Spatial Memory: What Makes a Path Different From a Map of the Path? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 15 (5), 887-897
- Saastamoinen, H. (1993). *Käyttöliittymät*. Jyväskylän Yliopiston monistuskeskus, Jyväskylä
- Shepard, R. N. (1967). Recognition Memory for Words, Sentences, and Pictures. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 6, 156-163
- Shepard, R. N. & Metzler, J. (1971). Mental Rotation of Three-Dimensional Objects. *Science*, 171, 701-703
- Siegel, A. W., & Cousins, J. H. (1985). The Symbolizing and Symbolised Child in the Enterprise of Cognitive Mapping. In Cohen, Ed., *The Development of Spatial Cognition*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Siegel, A. W., Kirasic, K. C. ja Kail R.V. (1978). Stalking the Elusive Cognitive Map: The Development of Children's Representations of Geographic Space. In Altman, I. & Wohlwill, J. F. (eds.). *Human Behavior and Environment: Advances In Theory and Research* (pp. 223-258). Plenum Press, New York & London

- Standing, L. (1973). Learning 10, 000 Pictures. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 25, 207-222
- Stevens, A. & Coupe, P. (1978). Distortions in Judged Spatial Relations. *Cognitive Psychology*, 10, 422-437
- Stary, C. & Preschl, M. F. (1998). Representations Still Matters: Cognitive Engineering and User Interface Design. *Behaviour & Information Technology*, 17 (6), 338-360
- Taylor, D. W. (1981). Should a Software Interface Adapt Its Behavior to the Developing Expertise of Its Users? University Microfilms International, Michigan
- Thorndyke, P. W. & Hayes-Roth, B. (1982). Differences in Spatial Knowledge Acquired from Maps and Navigation. *Cognitive Psychology*, 14, 560-589
- Tullis, T. S. (1988) Screen Design. In Helander, M. (ed.), *Handbook of Human-Computer Interaction* (pp. 377-411). North-Holland: Elsevier Science Publishers B. V.
- Wallace, B. (1984) Apparent Equivalence Between Perception and Imagery in the Production of Various Visual Illusions. *Memory & Cognition*, 12 (2), 156-162.
- Wood, D. & Beck, R. (1990). Tour Personality: The Interdependence of Environmental Orientation and Interpersonal Behavior. *Journal of Environmental Psychology*, 10, 177-207
- Zhang, J & Norman, D. A. (1994). Representations in Distributed Cognitive Tasks. *Cognitive Science* 18, 87-122