

Suvi Airaksinen

**NÄYTÖN KOON VAIKUTUKSEN TUTKIMINEN TIE-
DONHAKU- JA PÄÄTÖKSENTEKOTEHTÄVÄSSÄ
HYÖDYNTÄEN LASKENNALLISTA KOGNITIIVISTA
MALLIA**



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
INFORMAATIOTEKNOLOGIAN TIEDEKUNTA
2022

TIIVISTELMÄ

Airaksinen, Suvi

Näytön koon vaikutuksen tutkiminen tiedonhaku- ja päätöksentekotehtävässä hyödyntäen laskennallista kognitiivista mallia

Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, 2022, 64 s.

Kognitiotiede, pro gradu -tutkielma

Ohjaaja: Jokinen, Jussi

Mobiiliteknologia on yleistymässä kaikille elämän osa-alueille. Mobiililaitteita käytetään niin töissä kuin vapaa-ajalla. Mobiiliteknologian yleiset piirteet ovat liikkuvuus ja pieni koko. Näillä pienillä näytöillä tehdään yhä enemmän tehtäviä, joiden suorittaminen tehokkaasti ja tarkasti on tärkeää. Pienillä näytöillä etsitään ja kerätään tietoa ja niiden esittämisen tiedon avulla tehdään myös päätöksiä. Pieniä näyttöjä ei ainoastaan käytetä arkisten vapaa-ajan tehtävien suorittamiseen, vaan niitä käytetään opiskelussa, pankkipalveluissa, terveyspalveluissa ja niitä käytetään tuottavassa työssä.

Ristiriitaista tietoa löytyy siitä, kuinka näytön koko vaikuttaa ihmisen tiedonkäsittelyyn ja tehokkuuteen. Näytön koolla on osoitettu olevan vaikutusta oppimiseen ja erilaisten tehtävien suoritustehokkuuteen. Näytön koko näyttää muuttavan ihmisen tapaa toimia käyttöliittymässä, joten voiko näytön koko vaikuttaa myös päätöksentekoon?

Tässä tutkimuksessa selvitettiin, kuinka näytön koko vaikuttaa tiedonhaku- ja päätöksentekotehtävän suorittamiseen laskennallisen kognitiivisen mallinnuksen avulla. Aiempien tutkimusten mukaan isommilla näytöillä toimiessa oltiin yleensä tehokkaampia, mutta tehtävällä, aikapaineella ja muistilla on osuutensa tehtävien tehokkaassa suorittamisessa. Tutkimuksessa luotiin olemassa olevaan malliin tiedonhaku- ja päätöksentekotehtävä. Malli suoritti tehtävää erilaisilla konfiguraatioilla, joilla saatiin testattua, kuinka eri asteiset tehtävät, aikapaine ja muisti vaikuttavat tehtävän suorittamiseen. Mallin tuottamaa simulaatiodataa analysoitiin SPSS-tilastoanalyysiohjelmalla, jolla havaittiin näytön kokojen väliset suoritusajat ja oikeinvastausprosentit. Tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että pienellä näytöllä tiedonhaku- ja päätöksentekotehtävä suoritettiin usein hitaammin. Jos visuaalisessa havaitsemisessa on ongelmia, eli mukana on kohinaa, näytön kokojen välillä ei havaita merkittävää tehokkuusetua. Aikapaineen kiristyessä pienellä näytöllä oikeinvastausprosentti laski enemmän kuin isolla näytöllä. Muistin hiipuminen laski tehtävän suoritusnopeutta enemmän pienellä näytöllä.

Asiasanat: näytön koko, tiedonhaku- ja päätöksentekotehtävä, laskennallinen kognitiivinen malli

ABSTRACT

Airaksinen, Suvi

Investigating the effect of screen size in information retrieval and decision-making task utilizing a computational cognitive model

Jyväskylä: University of Jyväskylä, 2022, 64 pp.

Cognitive Science, Master's Thesis

Supervisor: Jokinen, Jussi

Mobile technology is becoming more widespread in all areas of life. Mobile devices are used both at work and for leisure. Common features of mobile technology are mobility and small size. More serious tasks are performed with small screens and those tasks are important to perform efficiently and accurately. Screens are used for searching and gathering information and is also used to make decisions. Small screens are not only used for casual everyday tasks, but are also used for study, banking, health care and productive work. Conflicting information can be found about how screen size affects human information processing and efficiency. Screen size has been shown to influence learning and task performance. Screen size seems to change the way human interact with user interface, so can screen size also influence decision making? This study investigated how screen size affects the performance of an information retrieval and decision-making task using computational cognitive modeling.

Previous studies have shown that larger screens were generally more efficient completing tasks, but task difficulty, time pressure, and memory have also a role in task performance. An information retrieval and decision-making task was created for this study and the task was implemented to existing model. The model performed the task with different configurations to test how task difficulty, time pressure, and memory affected to performance. The simulations were analyzed with IBM SPSS Statistics to detect completion times and correct execution percentages between screen sizes.

The study shows that, the information retrieval and decision-making task was often performed more slowly with small screen. If there is a problem in visual movement and encoding (noise) it seems that large screen does not give advantage to completion time. Response accuracy decreased more with the small screen when the time pressure tightened. Weaker memory reduced task performance more with small screen.

Keywords: screen size, information retrieval and decision task, computational cognitive model

KUVIOT

KUVIO 1 Näytön koon suhde pinta-alaan.....	18
KUVIO 2 Resoluutio eri kokoisilla näytöillä	19
KUVIO 3 Visuaalinen kulma eri etäisyyksillä.....	20
KUVIO 4 Shannonin yleinen kommunikaatiojärjestelmästä	22
KUVIO 5 Laskennallisen rationaalisuuden POMPD agentti	25
KUVIO 6 Suoritus aika kohinan mukaan näytöittäin	40
KUVIO 7 Suoritus aika näytöittäin ja vertailtavien kohteiden määrän mukaan	41
KUVIO 8 Kohinan vaikutus oikeinvastausprosentteihin näytöittäin.....	42
KUVIO 9 Suoritus aika erilaisten tehtävien kesken	43
KUVIO 10 Kohinan vaikutus tehtävien suoritus aikoihin isolla näytöllä.....	44
KUVIO 11 Kohinan vaikutus tehtävien suoritus aikoihin pienellä näytöllä	44
KUVIO 12 Oikeinvastausprosentti ison ja pienen näytön välillä tehtävittäin....	45
KUVIO 13 Kohinan vaikutus tehtävien oikeinvastausprosentteihin isolla näytöllä	46
KUVIO 14 Kohinan vaikutus tehtävien oikeinvastausprosentteihin pienellä näytöllä.....	46
KUVIO 15 Muistin hiipumisen vaikutus suoritus aikaan näytöittäin.....	47
KUVIO 16 Tehtävän vaikutus suoritus aikaan näytöittäin	48
KUVIO 17 Muistin vaikutus tehtävien suoritus aikaan isolla näytöllä	49
KUVIO 18 Muistin vaikutus tehtävien suoritus aikaan pienellä näytöllä	49
KUVIO 19 Aikapaineen vaikutus suoritus aikaan näytöittäin	50
KUVIO 20 Muistin vaikutus oikeinvastausprosentteihin näytöittäin	51
KUVIO 21 Aikapaineen vaikutus oikeinvastausprosenttiin näyttöjen välillä....	51

TAULUKOT

TAULUKKO 1 Erilaisia hakusanoja ja niiden synonyymejä.....	29
TAULUKKO 2 Tietomatriisi isolla näytöllä.....	35
TAULUKKO 3 Esimerkki monivalintakysymyksestä ja vastausvaihtoehdoista	36
TAULUKKO 4 Suoritus aikojen keskiarvot ja keskihajonnat näytöittäin kohinan mukaan.....	40
TAULUKKO 5 Keskiarvot ja keskihajonnat näytöittäin ja tehtävittäin.....	48

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVIOT JA TAULUKOT

1	JOHDANTO.....	7
1.1	Aiempi tutkimus ja tutkimuskysymys	8
1.2	Tutkimuksen toteutus	9
1.3	Tutkimuksen rakenne	10
2	NÄYTÖN KOON VAIKUTUS IHMISEEN	11
2.1	Keskeiset käsitteet.....	11
2.1.1	Näyttö	11
2.1.2	Graafinen käyttöliittymä, GUI	12
2.2	Näytön koko ja tiedonkäsittely	13
2.2.1	Näytön koko ohjaa vuorovaikutusta.....	13
2.2.2	Näytön koko ja tehokkuus tehtävissä	15
2.2.3	Aiempien tutkimusten erilaiset koeasetelmat.....	17
2.2.4	Yhteenvedo.....	20
3	TEOREETTINEN VIITEKEHYS.....	21
3.1	Informaatioteoria	22
3.2	Informaation keräämisen teoria	23
3.3	Laskennallisen rationaalisuuden viitekehys.....	24
4	AINEISTO JA MENETELMÄT	27
4.1	Tiedonkeruu	27
4.1.1	Hakusanojen ja lauseiden kartoitus.....	28
4.1.2	Hyväksymis- ja poissulkukriteerit.....	29
4.2	Laskennallinen kognitiivinen mallintaminen.....	30
4.2.1	EMMA-silmienliikemalli.....	32
4.2.2	POMDP-arkkitehtuuri	33
4.3	Mallin määrittely	33
4.3.1	Innoittajan toiminut empiirinen tutkimus.....	34
4.3.2	Tehtävänkuvaus	35
4.4	Tilastollinen analyysi simulaatioiden tuloksista.....	37
5	TULOKSET.....	39
5.1	Simulaatio 1	39
5.1.1	Tulokset suoritusajasta	39
5.1.2	Tulokset oikeinvastausprosentista.....	42
5.2	Simulaatio 2	42
5.2.1	Tulokset suoritusajasta	43
5.2.2	Tulokset oikeinvastausprosentista.....	44

5.3	Simulaatio 3	47
5.3.1	Tulokset suoritusajasta	47
5.3.2	Tulokset oikeinvastausprosentista.....	50
6	POHDINTA	52
6.1	Tuloksien merkitys	54
6.2	Mallinnus datan luotettavuus ja rajoitukset	56
6.3	Jatkokehityshaasteet.....	57
	LÄHTEET	58
	LIITE 1 MALLIN KUVAUS	63

1 JOHDANTO

Mobiiliteknologia on yleistymässä kaikille elämän osa-alueille. Mobiililaitteita käytetään enenemissä määrin niin töissä kuin vapaa-ajalla. Mobiiliteknologian yleiset piirteet ovat liikkuvuus ja pieni koko. Älypuhelimien ja tablettien pienet näytöt tuovat haasteita tiedon tehokkaalle esittämiselle ja keräämiselle. Näillä pienillä näytöillä tehdään yhä enemmän tehtäviä, joiden suorittaminen tehokkaasti ja tarkasti on tärkeää. Pienillä näytöillä etsitään ja kerätään tietoa ja niiden esittämisen tiedon avulla tehdään myös päätöksiä. Pieniä näyttöjä ei ainoastaan käytetä arkisien vapaa-ajan tehtävien suorittamiseen, vaan niitä käytetään opiskelussa, pankkipalveluissa, terveystalv palveluissa ja niitä käytetään tuottavassa työssä. Kaikilla käyttäjillä ei ole mahdollisuutta käyttää palveluita tietokoneella, vaan ainut laite saattaa olla pieninäyttöinen mobiililaitte. Chae ja Kim (2004) huomauttavatkin, että pienet näytöt ja tehtävien monimutkaistuminen aiheuttavat vakavan esteen käytettävyydelle.

Suomessa asiointi eri virastojen kanssa siirtyy enenevässä määrin sähköiseksi ja esimerkiksi mobiilipankin käyttö on kasvussa. Ficomin (2021) tekemän tutkimuksen mukaan mobiilipankin käyttö on noussut 24 %:sta 37 %:iin vuodesta 2019 vuoteen 2021. Samalla aikajaksolla tietokoneella verkkopankkia käyttävien määrä on laskenut 57 %:sta 42 %:iin. Tabletilla verkkopankin käyttäminen ei muuttunut havainnointijaksolla. (Verkkopankin käyttäminen, 2021.) Näiden lukemien valossa pankkiasiointi pienillä näytöillä on kasvussa, kun taas isommilla näytöillä asioiminen on laskussa.

Isot ja pienet näytöt eroavat siinä, kuinka paljon tietoa voidaan näkymällä kerrallaan esittää. Pienelle näytöllä saadaan tuotua lisää tietoa vuorovaikuttamalla. Vuorovaikuttaminen on yleensä näkymien välillä liikkumista joko horisontaalisesti tai vertikaalisesti skrollaamalla tai navigointia erilaisissa hierarkioissa. Aiemmissä tutkimuksissa on todettu, että erilaisien tehtävien suorittaminen pienillä näytöillä on yleensä hitaampaa ja joissain tapauksissa myös tarkkuus voi kärsiä. On ajateltu, että pieniltä näytöiltä tieto kerätessä käyttäjän on pidettävä enemmän asioita mielessään, joka voi nostaa kognitiivista kuormitusta. Pienen ja ison näytön vaikutusta ihmisen tehokkuuteen on tutkittu erilaisien tehtävien kautta. Tutkimuksissa koehenkilöt suorittavat saman tehtävän eri kokoisilla

näytöillä mitaten suoritusajoja, virheiden määriä, tarkkuutta ja usein myös subjektiivisia kokemuksia.

Ihmisen ja tietokoneen välinen vuorovaikutus (HCI) ja sen tutkiminen on monitieteellinen tutkimusalue. Monet eri tieteenalat ovat tuoneet näkökulmia aiheeseen, kuten psykologia, sosiologia, antropologia, kognitiotiede, tietojärjestelmätiede ja kielitiede (MacKenzie, 2012, 2). Monitieteellisellä tutkimuksella on saatu parempaa ymmärrystä ihmisen ja teknologian suhteesta, kuten myös tehokkaampia prosesseja tämän tiedon sovittamisesta tuottavuutta, elämänlaatua ja kilpailukykyä lisäävien ratkaisuiden suunnittelussa ja kehittämisessä (Sears & Jacko, 2009, xiii). HCI:n tutkiminen ja ymmärtäminen ovat tärkeitä, jotta voidaan helpottaa ja tehostaa ihmisen toimintaa laitteiden kanssa. Vuorovaikutusta pyritään parantamaan muun muassa käyttöliittymäsuunnittelulla.

1.1 Aiempi tutkimus ja tutkimuskysymys

Erinäisessä tutkimuksessa on pyritty selvittämään miten erilaiset näytöt vaikuttavat ihmiseen ja onko näytön koolla vaikutusta ihmisen suorituskykyyn erilaisissa tehtävissä. Aiheesta löytyy ristiriitaista tietoa. Raptiksen, Tselioksen, Kjeldskovin ja Skovin (2013) tutkimuksessa selvisi, että yli 4,3 tuuman näytöillä käyttäjät ovat tehokkaampia tiedonhakutehtävissä mobiililaitteilla. Heidän mukaansa isompi näyttö johtaa parempaan tehokkuuteen. Andersonin, Hillin, Parkinin ja Garrisonin (2007) tutkimuksen mukaan isompi näyttö tarkoittaa parempaa tuottavuutta toimistotyötä tehdessä, kunnes näytön kasvattaminen saattaa vaikuttaa jopa negatiivisesti tuottavuuteen. Heidän mukaansa näytön koko tulisi suhteuttaa tyypillisen työtehtävän vaatimuksiin.

Näytön koolla on osoitettu olevan monenlaisia vaikutuksia ihmisen tiedonkäsittelyyn ja suorituskykyyn. Aiempien tutkimusten mukaan näytön koolla on osoitettu olevan vaikutusta oppimiseen (Kim & Kim, 2012) ja erilaisten tehtävien suorittamiseen (Hancock, Sawyer & Stafford, 2015; Klinke, Krieger & Picklin, 2014; Raptis, Tselios, Kjeldskov & Skov, 2013). Aiempien tutkimusten mukaan isommilla näytöillä toimiessa oltiin yleensä tehokkaampia, mutta tehtävällä, aikapaineella ja muistilla on osuutensa tehtävien tehokkaassa suorittamisessa.

Näytön koko näyttää muuttavan ihmisen tapaa toimia käyttöliittymässä, joten voiko näytön koko vaikuttaa myös päätöksentekoon? Vaikuttaako näytön koko tehtävien suorittamistehokkuuteen ja voidaanko sanoa, että pienemmällä näytöllä ollaan aina tehottomampia suorittaessa samaa tehtävää? Näiden kysymysten pohjalta tämän tutkimuksen kysymykseksi muodostui:

Kuinka näytön koko vaikuttaa tiedonhaku- ja päätöksentekotehtävän tehokkuuteen?

Tavoitteena on tuoda lisätietoa siitä, miten näytön koko vaikuttaa tiedonhaku- ja päätöksentekotehtävän suorittamiseen. Jos näytön koko vaikuttaa tehokkuuteen, niin voidaan ajatella, että näytön koko vaikuttaa myös

käytettävyyteen. Jos tehtävän suorittamistehokkuus on jommankumman näytön kesken alhaisempi, voidaan kyseenalaistaa näytön koon soveltuvuus tähän tehtävään. Voidaan myös ajatella, että huonomman tehokkuuden osoittavan näytön tiedonesitystapa ei ole sopiva tai että huonompaa tehokkuutta osoittavassa näytössä on jokin, joka estää tehokkaan käytön. Koska tutkittavat näytöt eivät eroa muulla kuin esitettävän tiedon määrällä, voidaan ajatella, että huonompaa tehokkuutta osoittavan näytön käyttöä olisi vältettävä, jos tehokkuus on tavoitteena. Tutkimuksen tuloksia voidaan yleistää myös siihen, kuinka välilehtien määrä vaikuttaa tehtävän suorittamiseen.

1.2 Tutkimuksen toteutus

Tutkimuskysymystä lähdettiin selvittämään laskennallisen kognitiivisen mallinnuksen avulla. Mallinnuksella voidaan identifioida ja selittää ongelmia, joita käyttäjät kohtaavat ja antaa tietoa kognitiivisista ja havaitsemisen rajoitteista, joita ihmisen suorituskykyyn liittyy (Cox & Peebles, 2008). Mallinnuksella toivotaan saavan näkyviin, kuinka rajoittunut koko vaikuttaa tehtävän suorittamiseen, sillä havaitsemista rajoittaa näytön pieni koko. Mallilla testataan myös, kuinka visuaalisen havaitsemisen ja koodaamisen kohina vaikuttaa tehtävässä suoriutumiseen. Byrnen (2009) mukaan mallien avulla voidaan myös kokeilla, kuinka tehtävästä suoriutuminen muuttuu, jos käyttäjän kyvykkyys muuttuu. Mallinnuksella testataan, kuinka tehtävässä suoriutuminen muuttuu muistin hiipuessa. Laskennallisella mallinnuksella saadaan dataa tehokkuuden määreistä, kuten suoritusajoista (Byrne, 2009).

Mallinnettavaksi tehtäväksi valikoitui Sanchezin ja Branaghanin (2011) tutkimuksessa kuvattu järkeilytehtävä. Tutkimuksessa selvitettiin, onko tiedon kerääminen ja sen pohjalta suoritettava järkeily yhtä tehokasta ja tarkkaa eri kokoisilla näytöillä toimiessa. Järkeilytehtävästä luotiin käsitteellinen kuvaus, jonka pohjalta olemassa olevaa mallia muokattiin suorittamaan kyseinen tehtävä. Mallin simulointi ei tapahtunut tutkijan toimesta vaan määrittelyn jälkeen tutkimuksessa hyödynnettiin mallista saatua simulaatiodataa. Simulaatiodata sisälsi tehtävän suoritusajoja ja oikeinvastausprosentteja. Malli suoritti tehtävää erilaisilla konfiguraatioilla, joilla saatiin testattua, kuinka eri vaikeusasteiset tehtävät, aikapaine ja muisti vaikuttavat tehtävän suorittamiseen. Mallin tuottamaa simulaatiodataa analysoitiin SPSS-tilastoanalysohjelmalla.

Mallintamisen ja mallin rakentamisen ja toiminnan ymmärtäminen tarvitsivat paljon uuden opettelua ja tiedonhankintaa. Tiedonhankintaa suoritettiin monesta tutkimukseen kuuluvasta sisällöstä, kuten mallintamisesta, erilaisista teorioista ja tutkimuksen toteuttamisen, analysoinnin ja kirjallisen raportoinnin sisällöistä. Aluksi tutustuttiin pienien ja isojen näyttöjen vertailevaan tutkimukseen. Tiedonhankinnalla luotiin pohjaa tulevalle tutkimukselle ja sen avulla suunnattiin tutkimuksen tekemistä. Seuraavaksi esitellään tutkimuksen rakenne.

1.3 Tutkimuksen rakenne

Pro gradututkielma alkaa teoriakatsauksella kappaleesta 2, jossa esitellään aiempia tutkimuksia näytön koon vaikutuksista ihmiseen. Kappaleessa käydään läpi keskeiset käsitteet eli näyttö ja näytön toistama käyttöliittymä. Katsauksessa pyrittiin kertomaan, kuinka näytön koko vaikuttaa ihmisen tiedonkäsittelyyn ja tehokkuuteen. Katsauksessa pyrittiin selventämään näytön koko- käsitteen monimutkaisuutta siinä mielessä, että koko ei ole vain fyysiset mitat, vaan näyttö voi olla eri muotoinen, resoluutioinen ja visuaalinen kulmakin vaikuttaa siihen, kuinka näytön koko koetaan. Kappaleessa pohditaan sitä, onko tutkimuksissa todella saatu tutkittua kuinka näytön koko vaikuttaa ihmiseen vai sitä, miten eri kokoisilla ja erilaisilla teknologioilla voidaan tehtäviä suorittaa?

Kappaleessa 3 käsitellään teoreettinen viitekehys, jonka kautta voidaan ymmärtää ihmisen toimintaa eri kokoisien näyttöjen ja yleensäkin erilaisten käyttöliittymien kanssa. Teorianä on laskennallisen rationaalisuuden viitekehys, joka hyvin selittää sitä, miten ihminen mukautuu ihmisen ja tietokoneen välisessä vuorovaikutuksessa ympäristön rajoitteisiin, kuin myös omiin kognitiivisiin rajoitteisiin.

Kappaleessa 4 kuvaillaan tiedonkeruuprosessi, kerrotaan laskennallisesta kognitiivisesta mallinnuksesta ja siitä, kuinka malli muodostui ja miten mallista saatua simulaatiodataa analysoitiin. Kappaleessa 5 kerrotaan tilastollisen analyysin tulokset ja lopuksi kappaleessa 6 on pohdinta. Pohdinnassa käsitellään tutkimustulosten merkitys, pohditaan mallinnusdatan luotettavuutta ja rajoituksia ja lopuksi esitellään mahdollisia jatkotutkimusaiheita.

2 NÄYTÖN KOON VAIKUTUS IHMISEEN

Näytön koon vaikutusta ihmiseen on tutkittu erilaisissa konteksteissa ja erilaisin metodein. Näytön koon vaikutusta on tutkittu mm. ihmisen suorituskykyyn, käyttäytymiseen ja mieltymyksiin vaikuttavana tekijänä. Eniten on tutkittu pienten mobiilikokoisten näyttöjen vaikutuksia ihmiseen. Tutkimusta pienistä näytöistä on syntynyt eniten luultavasti siksi, että pienet näytöt koetaan ongelmallisiksi. Pienet näytöt ovat myös uusi normaali, joten niiden käyttökelpoisuutta esittää tietoa ja suorittaa tehtäviä, on pyritty selvittämään.

Seuraavaksi esitellään keskeiset käsitteet ja kerrotaan, minkälaista tutkimusta näytön kokojen välillä on suoritettu. Aiemmat tutkimukset osoittavat, että näytön koko voi vaikuttaa tiedonkäsittelyyn, näytön koko ohjaa vuorovaikutusta ja näytön koko vaikuttaa tehtävien suorittamiseen. Lopuksi pohditaan, kuinka hankala on tutkia näytön koon vaikutusta suorituskykyyn ja tehokkuuteen, koska niin moni tekijä voi osaltaan vaikuttaa siihen, kuinka tehtävissä suoriudutaan. Samalla pohditaan, voiko näytön muodolla, tarkkuudella ja etäisyydellä olla jotain vaikutusta siihen, kuinka ihminen toimii.

2.1 Keskeiset käsitteet

Seuraavaksi määritellään mikä on näyttö ja graafinen käyttöliittymä. Näyttö on vain elektroninen tiedonesittäjä, mutta käyttöliittymä on ohjelma, jolla voidaan tietoa esittää näyttössä. Mallilla ei voida suoraan mallintaa näytön kokoa, mutta käyttöliittymä voi symboloida sitä, miten eri kokoiset näytöt tietoa esittäisivät.

2.1.1 Näyttö

Erilaisia näyttöjä käytetään tiedon esittämiseen ja näytöt ovat nykyään monen eri kokoisia ja ne ovat erilaisia myös toiminnoiltaan ja ominaisuuksiltaan. Erilaisilta näyttöiltä ei vain kerätä tietoa vaan niiden avulla suoritetaan tavoitteellisia tehtäviä. Näyttö mahdollistaa ja auttaa olemaan vuorovaikutuksessa käytettävän

laitteen kanssa. Blankenbachin (2016) mukaan näyttö onkin ensisijainen ihmisen käyttöliittymä järjestelmään, kuten tietokoneeseen.

Sanalle näyttö ei ole vakiintunutta määritelmää, mutta Blankenbach (2016) on määritellyt seuraavia lauseita, jotka kuvaavat mikä näyttö on; Näyttö on muun muassa muunnin, joka muuntaa digitaalisen tai analogisen tiedoin ihmis- aivoille prosessoitavaksi. Näyttö on sähköoptinen vaikutus materiaaleissa, joissa elektronit muuttuvat fotoneiksi. Näyttö on elektroninen laite, joka koostuu laitteistosta ja ohjelmistosta ja käyttöliittymästä tietolähteeseen, joka tarjoaa visuaalista tietoa. Ja näyttö on laite, joka esittää visuaalista tietoa ja hyväksyy käyttäjän syötteitä. (Blankenbach, 2016.)

Tepa-termipankki (2022c) ei anna mitään määritelmää näytöstä. Termipankin mukaan sanan luokitus on elektroniikka ja sähkötekniikka ja informaatioteknologia ja informaationprosessointi. Näyttö on käyttöliittymä visuaalisesti esitettyyn tietolähteeseen. Se on informaatioteknologian osa, joka on ihmisen ja tietokoneen välisen vuorovaikutuksen mahdollistaja.

2.1.2 Graafinen käyttöliittymä, GUI

Visuaalisen tiedon esitysmuodon määrittää graafinen käyttöliittymä. Tepa-termipankin (2022a) mukaan graafisessa käyttöliittymässä toiminnot kuvataan pääasiallisesti graafisten symbolien avulla. Jansenin (1998) mukaan graafinen käyttöliittymä on tietokoneessa oleva ihmisen ja tietokoneen visuaalinen operointi työkalu.

Jansenin (1998) mukaan hyvän käyttöliittymän suunnitteluun kuuluvat visuaalinen terävyys, absoluuttisen muistin rajat ja hahmolakien periaatteet. Nämä suunnittelun periaatteet vaikuttavat kolmeen suunnittelu alueeseen, jotka ovat esitettävän tiedon määrä, ryhmittely ja sijoittelu (Jansen, 1998). Käyttöliittymien suunnittelussa pienille laitteille korostuvat erityisesti muistin rajat ja se, kuinka tietoa voidaan esittää pienessä tilassa. Pienillä näytöillä tiedon määrää on rajoitettava näkymällä, sillä visuaalisen tiheyden kasvaessa, näkymä voi alkaa vaikuttaa tukkoiselta.

Jansenin (1998) mukaan ihminen voi nähdä kerrallaan noin 14 merkkiä leveän ja noin 7 riviä korkean alueen. Tämä rajoittaa käyttöliittymässä esiteltävien ikonien ja valintapainikkeiden ja muiden objektien tehokasta kokoa. Jos näytössä on paljon koodattavaa informaatiota eri puolilla näyttöä, silmien on tehtävä paljon töitä ja se voi uuvuttaa käyttäjää. Käyttöliittymien suunnittelijat yleensä seuraavatkin ohjetta, että käyttöliittymän tulisi näyttää vain sen verran tietoa, jonka käyttäjä tarvitsee suorittaakseen nykyisen tehtävän. Tiedon rajoittaminen vähentää käyttäjän tekemiä virheitä ja aikaa, joka kuluu tehtävien suorittamiseen. (Jansen, 1998).

2.2 Näytön koko ja tiedonkäsittely

Näytön koolla on vaikutusta ihmisen tiedonkäsittelyyn. Miller, Sumeeth ja Singh (2011) tutkivat kuinka näytön koko vaikuttaa tietosuojakäytänteiden ymmärtämiseen Cloze-testin avulla. Heidän tutkimuksessaan selvisi, että pienellä näytöllä ymmärtäminen oli merkitsevästi alhaisempi kuin isommalla näytöllä.

Sanchezin ja Branaghanin (2011) tutkimuksen mukaan näytön koolla on vaikutusta järkeilytehtävässä suoriutumiseen. Heidän tutkimuksessaan järkeilytehtävä suoritettiin tarkemmin ja nopeammin isolla näytöllä kuin pienellä. Myös Kimin & Kimin (2012) tutkimuksessa sanaston opettelu oli tehokkaampaa isolla kuin pienellä näytöllä.

Tiedon kerääminen pieneltä näytöltä vaatii enemmän motorista vuorovaikutusta. On arveltu, että juuri motorinen vuorovaikutus on syynä alhaisempaan tiedonkäsittelyn tehokkuuteen. Motorinen vuorovaikutus voi liittyä vertikaaliin tai horisontaaliseen skrollaamiseen, eri sivujen välillä liikkumiseen, pidempiin polkuihin käyttöliittymässä ja zoomaamiseen.

Jacob Nielsen (2011) selittää syitä, miksi pieni näyttö vaikuttaa ymmärtämiseen. Hänen mukaansa mitä vähemmän tietoa on näkyvillä yhdellä hetkellä, sitä vähemmän ymmärrystä voidaan saavuttaa. Pienellä näytöllä ihmisen on enemmän luotettava muistiinsa, jotta voi luoda lukemastaan tiedosta ymmärrettävän kokonaisuuden. Pieni näyttö pakottaa liikkumaan tietokokonaisuudessa ja se aiheuttaa lisää haittaa ymmärtämiselle. Kun tiedon selaamiseen ja keräämiseen menee aikaa, muistissa oleva tieto alkaa hiipua. Tarkkaavaisuus voi siirtyä lukemisesta toissijaiseen tehtävään eli tarvittava tiedon etsimiseen ja orientoitumiseen tietolähteessä (Nielsen, 2011).

Albersin ja Kimin (2002) mukaan tehtävien suorittaminen pienillä näytöillä asettaa käyttäjän lyhytaikaismuistille suuria vaatimuksia, koska rajoittunut näytön koko ja skrollaus hidastavat tiedonkäsittelyä. Näytön pieni koko edellyttää, että ihminen säilyttää enemmän tietoa lyhytkestoisessa muistissa, jotta he voivat vertailla tietoja. Skrollaaminen ja klikkailu aiheuttavat tappioita, jotka häiritsevät tiedon hakua.

Byrdin ja Caldwellin (2011) tutkimuksessa todettiin, että muisti kuormittuu seuratessa ohjeita pieneltä näytöltä. Heidän tutkimuksessaan tutkittiin sitä, kuinka koehenkilöt lukivat ohjetta ja suorittivat tietokoneen huoltotoimenpiteen eri kokoisilla näytöillä. Isolla näytöllä tehtävä suoritettiin nopeiten. Tutkimuksessa havaittiin, että koehenkilöt käyttivät eri kokoisia näyttöjä eri tavalla suorittaessaan tehtävää. Isolla näytöllä ohjetta luettiin enemmän ennen tehtävän tekoa, kun taas pienellä näytöllä ohjetta luettiin sitä mukaan, kun tehtävää suoritettiin. Näytön koko muuttaa siis tapaa, kuinka tietoa kerätään.

2.2.1 Näytön koko ohjaa vuorovaikutusta

Tapa, jolla tietoa voidaan esittää eri kokoisilla näytöillä, on erilainen ja siten myös käyttäytyminen on erilaista. Käyttäytymistä on tutkittu silmien liikkeitä rekisteröimällä ja on havaittu, että skannauskuviot ovat erilaisia pienten ja isojen

näyttöjen kesken. Tämä johtuu näkymän erilaisuudesta ja siitä, että erilainen näkymä pakottaa käyttäjän toimimaan eri tavalla tietoa etsiessä ja kerätessä. Pienellä näytöllä on suoritettava enemmän skrollausta ja näkymien välillä siirtymistä, joka voi aiheuttaa myös ajallisia tappioita.

Navigointikäyttäytymistä eri kokoisilla näytöillä on tutkittu ja havaittu, että tiedon rakenne ja näytön koko vaikuttavat navigointikäyttäytymiseen ja käsitykseen sivustosta. Havaittu monimutkaisuus kohosi, kun valikon syvyys kasvoi ja koettu monimutkaisuus pidensi vastausaikaa ja laski vastaustarkkuutta. Tehtävien monimutkaisuus vaikutti myös navigointikäyttöön ja havainnointiin. Sähköpostin tarkastaminen on helppoa, kuin taas tuotteiden ostaminen verkko-kaupasta on jo monimutkaisempaa (Chae & Kim, 2004.)

Ong, Järvelin, Sanderson, ja Scholer (2017) tutkivat kuinka isolla ja pienellä näytöllä toimitaan hakutuloksia selatessa. Heidän tutkimuksensa mukaan isolla näytöllä tietoa louhitaan syvemmältä kuin pienellä näytöllä. Pöytäkoneella tietoa etsivät klikkasivat enemmän hakutuloksia auki, mutta merkitsivät vähemmän tuloksia osuviksi kuin mobiilikäyttäjät. Jos osuvia hakutuloksia lisättiin, mobiilikäyttäjät saavuttivat korkeamman etsintätarkkuuden, kuin pöytäkonekäyttäjät. Pöytäkoneella tehtäviä suoritettiin pitempään ja lähteitä avattiin useammin, mutta niitä ei merkitty relevanteiksi niin usein kuin mobiililaitteella. Pöytäkonekäyttäjät pitivät enemmän niistä hakutulossivuista, joissa oli enemmän relevanttia tietoa. Mobiilikäyttäjät eivät huomanneet relevantin tiedon lisäystä, joka voi viitata siihen, että rajallinen tila vaikuttaa hakutulossivun kokonaiskuvan luontiin ja koettuun laatuun.

Vuorovaikutus pienten näyttöjen kanssa on haasteellista. Sweeney & Crestani (2006) huomauttavat, että pieneen näyttöön ei yksinkertaisesti mahdu niin paljon tietoa, kuin isommalle näytölle ja syötettä on usein vaikea antaa pienellä näytöllä. del Galdon, Goughin, Jonesin, Noblesin ja Stentonin (1998) mukaan pieneessä näytössä on vähemmän fyysistä tilaa vuorovaikutukselle ja tämä tuo lisää haasteita käyttöliittymäsuunnittelulle. Myös Schlickin, Zieflein, Parkin & Luczakin (2009) mukaan tiedon esittäminen pienillä näytöillä on haasteellista, mutta siihen voidaan vastata mm. käyttöliittymien huolellisella suunnittelulla.

Tiedonkäsittely pienellä näytöllä ei ole vain visuaalinen ongelma vaan myös kognitiivinen ongelma. Schlickin ja kumppaneiden (2009) mukaan visuaaliseen ja kognitiiviseen ongelmaan on kaksi vaihtoehtoa. Voidaan joko näyttää vähemmän tietoa kerrallaan tai näyttää mahdollisimman paljon tietoa kerrallaan, jotta ihminen saisi maksimaalisen kokonaiskuvan tietokokonaisuudesta. Kun tietoa on näkyvillä mahdollisimman paljon, tietoon pääsy on helppoa ja se vähentää epätietoisuutta tietokokonaisuudesta.

Tehokkaan tiedonsaannin kannalta ratkaisevaa on tasapainoilu visuaalisen tiheyden ja kognitiivisen kokonaiskuvan välillä. Bay ja Ziefle (2004) tutkivat visuaalisen tiheyden ja kognitiivisen kokonaiskuvan yhtälöä, jossa eri määrä valikko-objekteja vaikutti tehtävässä suoriutumiseen. Tutkimuksessa verrattiin yhden, kolmen ja seitsemän valikkokohteen vaikutusta tehtävän suorittamiseen.

Yhden valikkokohteen ollessa nähtävillä, tehtävien käsittely vaati 40 % enemmän vaiheita, kuin jos näkymässä oli kolme valintakohdetta. Päinvastoin,

jos valikkokohteita oli näkyvillä 7 eli informaation tiheys oli korkea, tehokkuus laski yli 30 % verrattuna kolmen kohteen näkymään (Bay & Ziefle, 2004). Tämä tutkimus osoittaa, että nähtävillä olevan tiedon määrällä on vaikutusta tehtävissä suoriutumiseen ja tämän tasapainon löytäminen voi olla merkittävää suorituskyvyn kannalta.

Pieni näyttö voi vaikuttaa ihmisen tarkkaavaisuuteen, joka osaltaan vaikuttaa vuorovaikutukseen. Oulasvirta, Tamminen, Roto ja Kuorelahti (2005) tulivat tutkimuksessaan siihen tulokseen, että älypuhelinien käyttäjien keskittyminen on hajanaisempi verrattuna PC käyttäjiin. Samansuuntaiseen huomioon tulivat Adepun ja Adlerin (2016) todetessaan, että ihmiset keskittyvät isoihin näyttöihin paremmin ja suoriutuvat isoilla näytöillä tehtävistä paremmin tuloksin ja nopeammin.

2.2.2 Näytön koko ja tehokkuus tehtävissä

Visuaalisten näyttöjen vaikutusta ihmisen tiedonkäsittelyn tehokkuuteen on arvioitu erilaisien tehtävien kautta. Schlickin ja kumppaneiden (2009) mukaan tehtävät ovat usein yksinkertaisia havainnointitehtäviä, muisti- ja tunnistamistehtäviä, visuaalisen haun tehtäviä tai oikolukutehtäviä. Visuaalisen haun tehtävissä tekstillä oli suuri vaikutus tehokkuuteen ja muina vaikuttavina tekijöinä ovat näytön koko, tiedon määrä ja fontin koko. (Schlick ym., 2009.)

Adepun ja Adlerin (2016) tutkimuksessa selvitettiin ovatko ihmiset suorituskykyisempiä ja tehokkaampia pelaamaan sanapeliä pöytäkoneella vai älypuhelimella. Heidän tutkimuksensa osoitti, että isommalla näytöllä pelin pelaaminen oli nopeampaa ja myös pelin tulokset olivat parempia. He kuitenkin huomauttavat, että kaikissa tehtävissä isompi näyttö ei välttämättä ole parempi ja että heidän tutkimustuloksensa rajoittuu vain sanapeli-tehtävään.

Grahn ja Kujala (2020) tutkivat näytön koon vaikutusta ajonaikaiseen monisuorittamiseen. Tutkimuksen tuloksena oli, että 2.5 tuumaa isommalla näytöllä on pieni positiivinen vaikutus suorituskykyyn. Isompi näyttö lyhensi katseen kestoa, vähensi toissijaisen tehtävän visuaalista vaativuutta ja visuaalista häiriöpotentiaalia. Granin ja Kujalan (2020) tutkimuksen mukaan isommalta näytöltä voidaan nopeammin löytää etsittävä objekti, koska objektien ollessa paremmin erillään toisistaan, visuaalinen vaativuus on vähäisempi.

Couper ja Peterson (2017) tutkivat verkkokyselyjen täyttämistä mobiililaitteilla ja PC-koneilla ja tulivat tulokseen, että pienemmällä näytöllä kyselyyn vastaaminen kesti pidempään, kuin isommalla näytöllä. Vastaaminen oli hitaampaa myös tapauksessa, jossa kysely oli optimoitu pienelle näytölle. Heidän mukaansa suuri osa aikaerosta voidaan selittää mobiililaitteen vaatimalla ylimääräisellä skrollauksella, joka nähtiin erityisesti ruudukkokyselyissä.

Klinken ja kumppaneiden (2014) tutkimuksen tulokset vahvistivat aiempien tutkimusten näkemystä siitä, että isompaa näyttöä käyttävät ovat yleensä tehokkaampia. Heidän mukaansa isolla näytöllä tehdään myös vähemmän virheitä ja koetaan vähemmän kuormitusta. Lisäksi tutkimuksessa havaittiin, että tehtävien suoritus aika voi olla myös käänteinen riippuen tehtävän tyypistä. Tutkimuksessa listahakutehtävä suoritettiin nopeammin pienellä näytöllä.

Tehtävien aikapaine vaikuttaa tehtävistä suoriutumiseen eteenkin näytön koon kanssa. Hancockin ja kumppaneiden (2015) tutkimuksessa todettiin, että vastaustarkkuus laskee pienillä näytöillä, jos tehtävä on monimutkainen ja siihen liittyy aikapaine. Myös Chaen ja Kimin (2004) mukaan mobiilisurffaajat saattavat kohdata useammin monimutkaisia tehtäviä, joihin liittyy aikapaine, ja voivat täten olla alttiimpia virheille.

Pienen näytön on arveltu olevan alttiimpi virheille, joka voi osaltaan hidastaa tehtävistä suoriutumista. Chae ja Kim (2004) huomauttavat, että pienten näyttöjen kanssa käyttäjä on pakotettu skrollaamaan erilaisia valikoita ja tekemään valintoja, jotka voivat johtaa virheisiin. Myös Albersin ja Kimin (2002) mukaan pienellä näytöllä on painettava ja valittava useammin, kuin isolla näytöllä ja siten virheitäkin voi tulla enemmän. Pienen näytön vuorovaikutus on siis alttiimpaa virheille, jolloin myös aikaa kuluu virheistä palautumiseen ja sitä kautta tehtävien suorittaminen saattaa olla hitaampaa.

Raptiksen ja kumppaneiden (2013) tutkimuksessa selvisi, että yli 4.3 tuuman näytöllä käyttäjät olivat suorituskyykyisempiä informaatiota etsiessä. Tutkimuksessa ei havaittu merkitsevää yhteyttä näytön koon ja tehokkuuden välillä. Suorituskykyä mitattiin tehtävän suoritusaikoina ja tehokkuutta tehtävässä onnistuneiden koehenkilöiden määrinä. Raptiksen ja kumppaneiden. (2013) mukaan näytön koolla ei ole vaikutusta kaikkiin tehtäviin. Vain tehtävät, jotka ovat vaikeita suorittaa ja jotka vaativat skrollausta, näyttivät merkitsevää eroa tehokkuudessa. Myös Baon, Piercen, Whittakerin ja Zhain (2011) mukaan tietoa tuottavien tehtävien tehokkuus pienempien näyttöjen kanssa on merkitsevästi matalampi, kuin isojen näyttöjen kanssa. Tiedon keräämisen tehokkuuteen näytön koko ei edellä mainittujen tutkimusten mukaan vaikuta, vaan ainoastaan kerätyn tiedon soveltamiseen. Pieni näyttö näyttäisi vaikuttavan lähinnä kognitiiviseen hahmottamiseen ja sitä kautta suorituskyykyyn.

Tässä tutkimuksessa pyrittiin osoittamaan se, että näytön koolla on vaikutusta tietojen soveltamiseen. Koska näytön koon ei ole todettu vaikuttava niinkään tiedonkeräämisen tehokkuuteen, haluttiin valita tehtävä, jossa kerättyä tietoa tulee myös soveltaa. Tutkimukseen valikoitui järkeilytehtävä, joka lopulta käsitteellistykseen jälkeen kuvasti tiedonhaku- ja päätöksentekotehtävää.

Monella tekijällä on näytön koon lisäksi vaikutusta suorituskyykyyn yllä olevien tutkimusten perusteella. Suorituskykyyn vaikuttaa tehtävän monimutkaisuus, tutkittavan laitteen vuorovaikutustapa, aikapaine, lyhytkestoinen muisti ja tarkkaavaisuus. Toisin kuin edellä mainitut tutkimukset, tässä tutkimuksessa tutkimusmenetelmä ei ole ihmisillä suoritettava empiirinen tutkimus, vaan näytön koon vaikutusta tiedonhaku- ja päätöksentekotehtävässä tutkittiin kognitiivisen laskennallisen mallin avulla. Mallilla ei pystytä selvittämään, mikä osuus skrollaamisella tai tarkkaavaisuuden määrällä on tehtävän suorittamiseen. Mallilla tutkitaan kuitenkin, kuinka tehtävän vaikeustaso, aikapaine ja muisti vaikuttavat suoriutumiseen näytän kokojen kesken.

Seuraavassa kappaleessa pohditaan, mitkä kaikki asiat voivat vaikuttaa tutkimustulosten syntyyn ja tulkintaan. Näytön koko ei olekaan niin yksinkertainen asia, kuin voisi luulla. Näytöt voivat olla erilaisia muodoltaan, tekniikaltaan ja

vuorovaikutustavaltaan ja väittäisin, että nämä kaikki voivat vaikuttaa siihen, kuinka tehtävissä suoriudutaan ja millaisia tutkimustuloksia saadaan. Jos vuorovaikutustavat vaihtelevat näppäimistöstä ja hiirestä, joystickiin ja pehmeisiin näppäimistöihin ja vielä kosketusvuorovaikutukseen, niin oletettavasti saadaan erilaisia suoritusajoja tehtävissä, vaikka näytön koossa ei olisi eroa.

2.2.3 Aiempien tutkimusten erilaiset koeasetelmat

Aiemmissä tutkimuksissa oli usein raportoitu, että isompi näyttö oli parempi tai isommalla näytöllä suoritettiin tehtäviä paremmin. Onko näytön fyysisellä koolla merkitystä tutkimustulosten arvioinnissa? Voiko noin 5 tuuman kokoisien näyttöjen välillä suoritettuja tutkimuksia ja niiden tuloksia verrata 5 tuuman ja 14 tuuman kokoisien näyttöjen välillä saatuihin tutkimustuloksiin? Yleinen kanta tutkimuksissa oli, että isompi näyttö on yleensä parempi tehtäviä suoritettaessa ja että se aiheuttaa suurempia fysiologisesti mitattavia reaktioita ihmisissä. On myös väitetty, että isompaan näyttöön kohdistetaan enemmän tarkkaavaisuutta, joka osaltaan selittää parempaa suoriutumista tehtävissä. Tutkimustuloksia vertailtaessa oli vaikeuksia suhteuttaa tulokset toisiinsa, sillä tutkittavien näyttöjen koot oli ilmoitettu monella eri tapaa ja joissain tutkimuksissa näytön koko oli jätetty ilmoittamatta. Ilmoittamatta jätetyissä tutkimuksissa heräsi kysymys, miten suhteuttaa tulos ”isompi näyttö on parempi”.

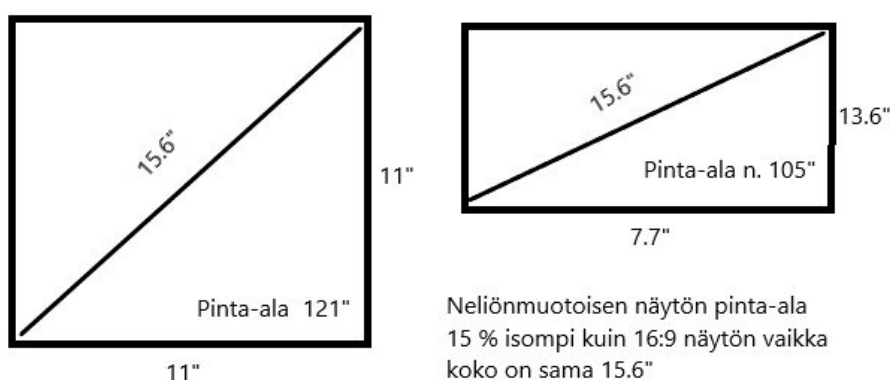
Tulokset näytön koon vaikutusta suorituskyykyyn ovat ristiriitaisia ja riippuvat paljon suoritettavasta tehtävästä. Aiemmissä tutkimuksissa on saatu tuloksia, että vain pienempien näytön kokojen (eli noin 5 tuumaa ja alle) välillä nähdään selkeä ero tehokkuudessa tehtäviä suoritettaessa, mutta muiden kokojen välillä ero ei ole merkitsevää (Kurniawan, 2017). Toisessa tutkimuksessa taas näytön koon kasvattaminen parantaa lineaarisesti tehtävissä suoriutumista ja jatkotutkimuksena on ehdotettu tutkittavan, että tuleeko jossain vaiheessa kohta, jossa näytön koon kasvattaminen ei enää paranna suorituskyykyä (Raptis ym., 2013). Ja erään tutkimuksen mukaan näytön koon liiallinen kasvattaminen saattaa vaikuttaa negatiivisesti toimistotyön tuottavuuteen (Anderson, Hill, Parkin ja Garrison, 2007).

Aiemmassa tutkimuksessa on ollut hyvin erilaisia koeasetelmia kokojen suhteen. Tutkimuksissa on vertailtu joko pöytäkoneen kokoisia näyttöjä keskenään, älypuhelin kokoisia näyttöjä keskenään tai jopa hyvin eri kokoisia ja eri tekniikoilla olevia näyttöjä keskenään. Isoin verrattavien näyttöjen kokovaihtelu oli 2 tuuman ja 56 tuuman välillä (Reeves, Lang, Kim & Tatar, 1999). Erikokoisissa näytöissä oli myös erilaisia tekniikoita. Vertailua oli suoritettu mm. 4 tuuman mustavalkoisen puhelimen ja 14 tuuman värillisen läppärin kesken (Sweeney & Crestan, 2006). Tutkimuksissa oli vertailtu myös näyttöjä, jotka olivat muodoltaan hyvin erilaisia. Jotkut näytöt olivat leveämpiä horisontaalisesti, kun taas toiset näytöt olivat korkeampia vertikaalisesti.

Näytön koon voi ilmoittaa erilaisilla yksiköillä, kuten millimetreinä, tuumina tai pikseleinä. Näytön koko voidaan ilmoittaa joko diagonaalisella (viistotaisella) mitalla yhtenä arvona tai leveytenä ja korkeutena esim. 320 x 240.

Näytön ulottuvuuksia ilmoitetaan myös suhdelukuina, kuten 16:9 tai 4:3. Suhteet tarkoittavat näytön leveyden ja korkeuden suhdetta eli näytön muotoa.

Aina ei ole mahdollista selvittää näytön muotoa diagonaalisen mitan perusteella. Kaksi eri muotoista näyttöä voivat molemmat olla samankokoisia diagonaaliselta mitaltaan ja silti olla fyysisesti eri muotoisia ja kokoisia. Näytön koon suhde pinta-alaan on havainnollistettu kuviossa 1. Kuviossa 1 on kaksi näyttöä, joiden molempien diagonaalinen koko on 15.6 tuumaa. Molemmat näytöt ovat muodon lisäksi eri kokoisia pinta-alaltaan. Eri muotoiset näytöt voivat olla parempia tietynlaisen tiedon esittämiseen. Neliön muotoinen näyttö sopii paremmin lukemiseen, kun taas leveä näyttö on parempi elokuvien, kuvien ja maisemien katsomiseen.



KUVIO 1 Näytön koon suhde pinta-alaan

Tehtävien tekoa pöytäkoneiden ja älypuhelimien välillä on tutkittu paljon, mutta ottaako tutkimukset huomioon sen, että näytön koon lisäksi näytön leveys ja korkeus suhteet ovat erilaiset? Pöytäkoneissa ja televisioissa näyttö on yleensä leveämpi horisontaalisesti, kun taas älypuhelimia käytetään usein pystysuunnassa, jolloin näyttö on pidempi vertikaalisesti.

Älypuhelimia voidaan helposti käyttää käyttötarkoituksen mukaan joko horisontaalisesti leveämpänä tai vertikaalisesti pidempänä, kun taas harvemmin pöytäkoneen tai kannettavan tietokoneen näyttöä pystyy edes kääntämään pystysuuntaan. On kuitenkin todettu, että tekstiä luetaan nopeammin, kun tekstiä on horisontaalisesti enemmän (Dyson & Kipping, 1998). Voiko siis isompien näyttöjen tehokkuus johtua osin isommasta horisontaalisesta leveydestä verrattuna pienempiin vertikaalisesti pidempiin näyttöihin?

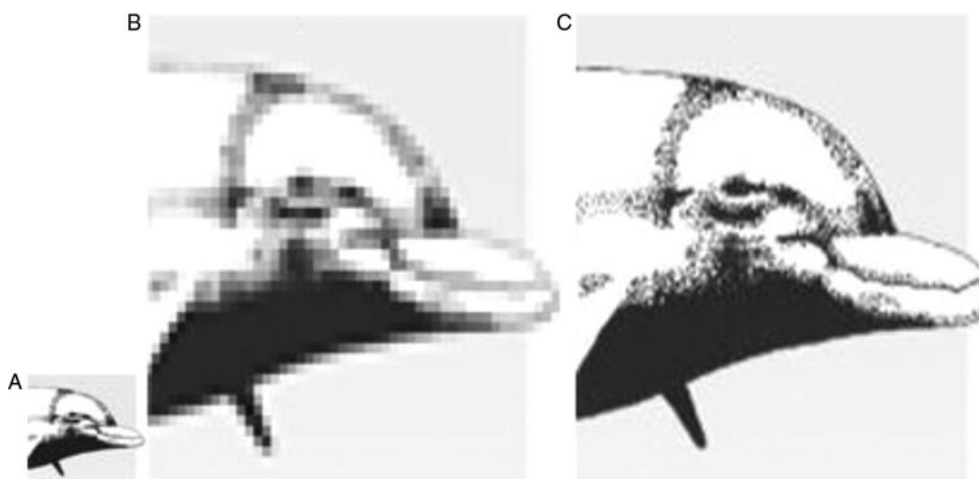
Braganzan, Marriottin, Moulderin, Wybrowin ja Dwyerin, (2009) tutkimuksessa selvisi, että ihminen käyttäytyy eri lailla lukiessaan informaatiota vertikaalisesti ja horisontaalisesti. Tutkimuksessa havaittiin, että lukeminen koettiin mukavammalta horisontaalisesti kuin vertikaalisesti. Lukemisen ja kysymyksiin vastaamisen tehokkuus oli kuitenkin samaa luokkaa molemmissa tiedon esitystavoissa. Kun tieto on esitetty vertikaalisesti, vain 13 % koehenkilöistä luki miltei koko sivun ennen skrollaamista. Vertikaalista tekstiä skrollattiin jo muutaman

rivin välein, kun taas horisontaalisesti esitettyä tekstiä luettiin pidempään ennen kuin skrollattiin eteenpäin.

Myös Sanchezin ja Branaghanin (2011) tutkimuksessa havaittiin eroa horisontaalisen ja vertikaalisen tiedonesityksen välillä. Heidän tutkimuksessaan vastustarkkuus oli korkeampi horisontaalisesti leveämmällä näytöllä, mutta suoritusaikaan horisontaalinen leveys ei vaikuttanut.

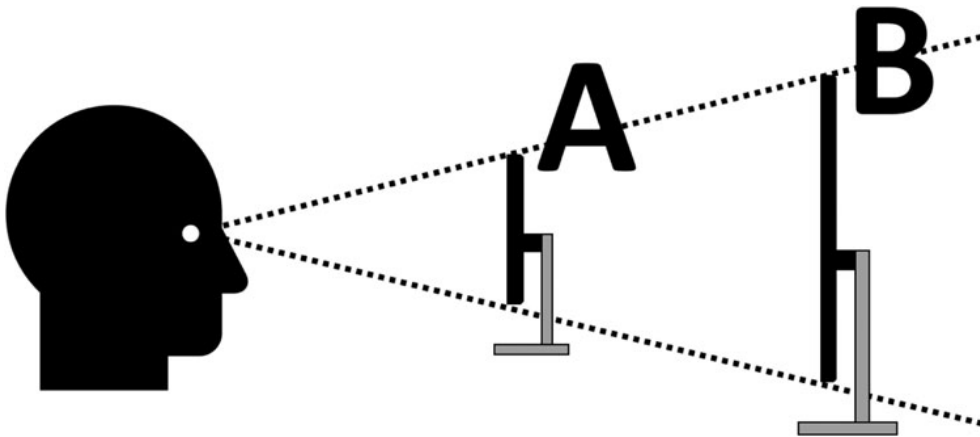
Näyttöjen tarkkuutta kuvataan pikseleinä eli kuinka monta pientä yksikköä näytössä on. Blankenbachin (2016) mukaan pikseli on visuaalisen näytön kytketävissä oleva perusyksikkö. Jos pikselin arvo on hyvin pieni, näyttää se mustalta ja jos taas pikselin arvo on maksimaalinen, se näyttää valkoiselta. Pikseleiden tulee olla sopivan kokoisia tiettyyn sovellukseen ja katsojan etäisyyden on oltava sopiva näytössä esitetyille pikseleille. (Blankenbach, 2016.)

Jos pienessä ja isossa näytössä on saman verran pikseleitä, isompi näyttö on epätarkempi kuin pieni näyttö. Resoluution merkitys eri kokoisia kuvia katsottaessa on havainnollistettu kuviossa 2. Resoluutio kuvastaa sitä, kuinka paljon näytössä on pikseleitä ja siten kuinka tarkka näyttö on. Kuviossa 2 A ja B kuvassa on saman verran pikseleitä, mutta koska kuva B on isompi, se näyttää epätarkalta. Kuvassa C taas on enemmän pikseleitä suhteessa kuvaan B, joten kuva C on tarkempi kuin kuva B.



KUVIO 2 Resoluutio eri kokoisilla näytöillä (Hancock, Sawyer & Stafford, 2015)

Näytön etäisyydellä voi olla merkittävä vaikutus näytön kokoon tai ainakin koettuun kokoon. Hancockin ja kumppaneiden (2015) tutkimuksen teoriaosuudessa nostettiin esille, että pienempi näyttö lyhyemmällä katseluetäisyydeltä voi vaikuttaa jopa isommalta, kuin kaukana oleva isompi näyttö. Havaittavan objektin koko ja etäisyys vaikuttavat siihen, minkä kokoisena objekti piirtyy verkkokalvolle. Visuaalinen kulma eri etäisyyksillä on havainnollistettu kuviossa 3. Kuviossa 3 näyttö A on 60 cm päässä ja näyttö B 127 cm päässä. Näyttö piirtyy verkkokalvolle kuitenkin samankokoisena, vaikka näytöt ovat eri kokoisia. Katsetaluetäisyydellä voi siis olla vaikutus siihen, minkä kokoisena näyttö tai sen sisältö nähdään.



KUVIO 3 Visuaalinen kulma eri etäisyyksillä. (Hancock, Sawyer & Stafford, 2015)

2.2.4 Yhteenveto

Näytön koon vaikutusta ihmiseen on tutkittu erilaisissa konteksteissa ja erilaisin metodein. Näytön koon vaikutusta on tutkittu mm. ihmisen suorituskykyyn, käyttäytymiseen ja mieltymyksiin vaikuttavana tekijänä. Tämän tutkimuksen kannalta tärkeintä oli saada tietoa siitä, kuinka näytön koko vaikuttaa tehtävien suorituskykyyn. Aiemmistä tutkimuksista saatiin pohjaa tutkimukselle ja se suuntasi ajatuksia siitä, mitä erilaisia muuttujia kannattaisi testata näytön koon kanssa.

Näytön koko rajoittaa nähtävillä olevan tiedon määrää. Tämä vaikuttaa siihen, kuinka tietoa haetaan ja kerätään. Pienellä näytöllä tarvitaan enemmän vuorovaikutusta, jotta tietoa pystytään keräämään. Ylimääräinen vuorovaikutus voi aiheuttaa kustannuksia tiedon keräämiselle, jolloin tehtävän suorittaminen pienellä näytöllä voi olla hitaampaa.

Aiemmistä tutkimuksista nousi esille, että tehtävien laatu ja monimutkaisuus vaikuttivat tehtävien suorittamisen tehokkuuteen. Myös aikapaine vaikuttaa siihen, kuinka tehtävissä suoriudutaan. Aikapaineen kiristyessä ihminen suoriutuu tehtävistä nopeammin, mutta vastustarkkuus voi kärsiä. Lyhytkestoinen muisti on keskeisessä roolissa pienillä näytöillä toimiessa, joten muistin toiminta nousi yhdeksi tutkittavaksi muuttujaksi.

Näytön pieni koko vaikuttaa siihen, miten tietoa voidaan esittää ja vaikuttaa näin näkymän ja tehtäväympäristön ulkoasuun. Ihminen sopeutuu näytön koon asettamaan toimintaympäristöön toimimalla eri tavalla hakiessaan tietoa. Erilainen toimiminen erilaisessa toimintaympäristöissä voi näyttäytyä erilaisina menettelytapoina, jotka voidaan havaita mm. erilaisista silmänliikekuvioista tai tehtävissä mitattavien arvojen muutoksina, kuten suoritusaikojen tai tarkkuuden muutoksina.

3 TEOREETTINEN VIITEKEHYS

Tiedon esittäjä eli näyttöä ja sitä, miten näytön koko voi vaikuttaa ihmisen tiedonsaantinopeuteen voidaan ymmärtää ajattelemalla, että näyttö ja ihminen ovat tiedonsiirtokanavan osapuolet. Shannonin informaationteoriassa on määritelty kommunikaatiojärjestelmä ja se, kuinka tieto siirtyy tietolähteestä vastaanottajalle. Shannon esittelee myös kanavan kapasiteettiin vaikuttavan kohinan, joka on mukana yhtenä muuttujana mallinnuksessa. Kohinan ymmärtäminen auttaa ymmärtämään mallinnuksessa saatuja tuloksia. Tämän vuoksi yhtenä perspektiiviä antavana teoriana on avattu informaationteoriasta meluisan tiedonsiirtokanavan teoreema. Teoria ei kuitenkaan pysty selittämään, miten ihmisen toiminta ja toiminnasta havaittava suorituskyky muodostuvat suorittaessa tiedonhaku- ja päätöksentekotehtävää. Se ainoastaan osoittaa, että lähettimen ja ihmisen ominaisuuksilla on vaikutusta siihen, kuinka tehokas tiedonsiirtokanava voidaan olla. Lähettimen koko vaikuttaa osaltaan koko tiedonsiirtokanavan kapasiteettiin.

Näytön esittämä tieto ja tiedon muoto vaikuttavat ihmisen tapaan toimia käyttöliittymässä. Erilaisilla teorioilla on pyritty selittämään, kuinka ihmiset etsivät tieto käyttöliittymistä tai kuinka ihmiset mukautuvat toimimaan erilaisissa käyttöliittymissä. Tiedon etsintäkäyttäytymistä on selitetty soveltamalla optimaalisen keräämisen teoriaa. Tätä teoriaa on sovellettu tiedonetsintään käyttöliittymissä ja sitä kutsutaan informaation keräämisen teoriaksi. Informaation keräämisen teoriassa tavoitteena on kerätä haluttu tieto mahdollisimman vähällä vaivalla eikä siinä oteta huomioon ihmisen tavoitteellista toimintaa, kuten kerätä tietoa tehtävän suorittamista varten tai päätöksenteko varten. Ihmisen tavoitteellista toimintaa on pyritty selittämään toisella teorialla, joka on laskennallisen rationaalisuuden viitekehys. Tätä viitekehystä on käytetty myös laskennallisen mallintamisen viitekehysenä ja sen avulla on pystytty selittämään mukautuva käytös. Laskennallisen rationaalisuuden viitekehysessä keskeistä on, että ihmisen käytös muodostuu kognitiivisista mekanismeista, jotka mukautuvat ympäristön rakenteeseen ja kognitioon itseensä. Pieni ja iso näyttö tarjoavat ympäristön, jossa toimitaan ja ihminen toimii näytön kanssa tavoitteellisesti mukauttaen käyttöksensä myös omiin kognitiivisiin rajoitteisiin.

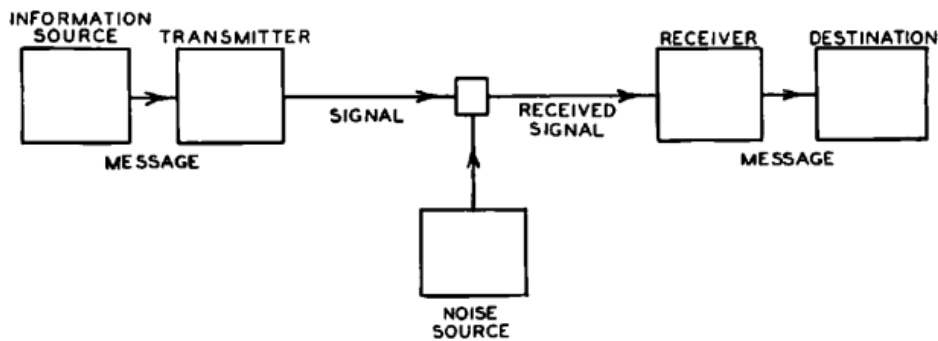
Seuraavaksi esitellään lyhyesti informaatioteoria, informaation keräämisen teoria ja laskennallisen rationaalisuuden viitekehys.

3.1 Informaatioteoria

Shannonin informaatioteoria on matemaattisesti esitetty kokonaisuus erilaisia teoreemia kommunikaatiosta. Informaatioteoria on teoria, joka kuvailee mm. kommunikointijärjestelmän ja sen kapasiteetin. Kommunikointijärjestelmän kapasiteetti pystytään laskemaan ja se kuvastaa tiedonsiirron nopeutta. Tiedonsiirron nopeuden yksikkönä on bittia sekunnissa.

Teoksessaan kommunikaation matemaattinen teoria Shannon (1948, 379) kertoo jatkavansa Nyquistin ja Hartleyn viestintäteoriaa. Shannon laajentaa teoriaa uusilla tekijöillä erityisesti kommunikointikanavan kohinan vaikutuksilla. Kohina häiritsee signaalia joko lähetyksen aikana tai jommankumman päätelaitteen päässä (Shannon, 1948, 406).

Shannon (1948, 380–381) esitteli kommunikaatiojärjestelmän kuvion muodossa ja kuvaili, mitä ovat tiedonlähde, lähetin, kanava, vastaanottaja ja määränpää. Hänen mukaansa esimerkiksi lähetin on laite, joka jollain tavalla luo lähetettäväksi sopivan signaalin. Ihmisen ja tietokoneen välisessä kommunikointikanavassa lähetin voisi olla laitteen näyttö, joka esittää tiedon ihmiselle havaittavassa muodossa. Kanavana voidaan pitää ihmisen tiedonkäsittelyn kanavaa, johon kuuluvat aistit. Vastaanottimena voidaan pitää ihmisen mieltä, jossa tapahtuu viestin uudelleen rakennus. Shannonin (1948, 381) mukaan määränpää on henkilö, jolle viesti on tarkoitettu. Shannonin yleinen kommunikaatiojärjestelmä on havainnollistettu kuviossa 4.



KUVIO 4 Shannonin yleinen kommunikaatiojärjestelmästä (Shannon, 1948, 381)

Kuviossa 4 kuviossa kohinan lähde on merkitty lähetyksen aikaiseksi vaikkakin Shannon kertoo, että kohinaa voi esiintyä myös päätelaitteiden päissä. Lähetyksen aikainen kohina voi olla ympäristössä oleva tekijä ja päätelaitteen päässä oleva kohina voi olla laitteen tai henkilön ominaisuudet. Aistien ja esimerkiksi muistin kyky pitää tietoa mielessään vaihtelee kuin kohinaisessa kanavassa.

Kohina voi vaikuttaa aistien ja muistin kapasiteettiin ja näin esittää yksilöllisiä eroja kommunikaatiojärjestelmässä.

Kohina aiheuttaa sen, että alkuperäinen viesti ei ole koskaan mahdollista rakentaa samanlaisena uudelleen (Shannon, 1948, 407). Mikä tahansa näytöllä olevan tieto onkin, kerätty tieto ei tule koskaan olemaan virheetöntä kulkiessaan kohinaisen siirtokanavan läpi. Onko lähettimen esittämällä tiedon muodolla siten mitään merkitystä tehokkaalle tiedonkäsittelylle? Shannon (1948, 384–389) huomauttaa, että tiedonlähteellä on vaikutusta siihen, kuinka kommunikointikanava voi toimia. Jos tietolähteestä on helppo kerätä tietoa, niin kanavan kapasiteetti voi olla korkeampi eli tehokkaampi. Tähän peilaten tiedon lähettimellä voidaan vaikuttaa tiedonsiirtokanavan toimintaan.

Informaatioteoriaa on käytetty eniten digitaalisen tiedonsiirron kuvaamiseen, mutta sillä on kuvattu myös ihmisen ja tietokoneen välistä vuorovaikutusta. Liun (2018) mielestä informaatioteoriaa voidaan käyttää yhtenäisenä työkaluna ihmisen ja tietokoneen välisen kommunikaatioprosessin ymmärtämiseen sekä vuorovaikutuksen suunnitteluun tehokkaammalla viestintänopeudella. Myös Budiun (2014) mielestä ihmisen ja koneen välillä on kommunikointikanava ja sillä on kapasiteetti. Tämä kapasiteetti muodostuu laitteen ja ihmisen yhdistetyistä ominaisuuksista. Ihmisen ominaisuuksina ovat mm. työmuisti ja tarkkaavaisuus ja laitteen ominaisuuksina voidaan pitää näytön kokoa.

3.2 Informaation keräämisen teoria

Informaation keräämisen teoria (information foraging) on Peter Pirollin ja Stuart Cardin kehittämä teoria, joka pohjautuu optimaalisen keräämisen teoriaan (Pirolli & Card, 1999). Optimaalisen keräämisen teoria selittää eläinten käytöstä metsästäessään ruokaa, jota Pirolli ja Card sovelsivat ihmisen tiedon keräämiseen. Informaation keräämisen teoriaa on käytetty mm. kuvaamaan, kuinka ihmiset navigoivat verkkosivuilla ja tuomaan ymmärrystä tiedonetsintä käyttäytymiseen.

Informaation keräämisen teorian keskeiset käsitteet ovat palsta (patch), etsiminen (forage), tuoksu (scent) ja dieetti (diet). Tiedonkerääjän tavoitteena on saada tietoa. Tuoksu kuvastaa sitä, kuinka lupaavalta mahdollinen tiedonlähde näyttää käyttäjälle. Dieetti on tietolähteiden kokonaisuus, joita käyttäjä voi harkita tietotarpeen tyydyttämiseksi. Palstana voidaan pitää verkkosivua tai jokin muuta tietolähdettä.

Ruokapalstan vaihto eli tietolähteen vaihtaminen tapahtuu arvioimalla lyhintä aikaa saavuttaa haluttu tieto. Jos tietoa saa kyseisestä lähteestä hyvin, ei tarvitse vaihtaa toiseen tietolähteeseen, mutta jos tieto on kyseisestä lähteestä loppumassa tai tieto ei ole tarpeeksi täyttävää, siirrytään toiseen tietolähteeseen.

Informaation dieetti riippuu tiedonhakijasta. Liu, Mulholland, Song, Uren ja Rüger (2010) selventävät, että jos tiedonhakijalla on hyvin kapea informaatio dieetti, hän suorittaa tehtävän kapealla tarkasti valitulla relevantilla tiedolla, kun taas tiedonhakija, jonka dieetti on monipuolinen, suorittaa tehtävän laajalla määrällä informaatiota, jossa on monipuolinen ulottuvuus.

Informaation keräämisen teorialla ei pystytä selittämään tiedonhaku- ja päätöksentekotehtävässä olevaa käytöstä sillä informaation keräämisen teoriassa tavoitteena on informaation saanti. Informaation keräämisen teoriassa ei oteta huomioon sitä, että tiedonkerääjällä voi olla jokin muu tavoite kerätä tietoa, kuin vain pelkkä tiedontarve. Tiedonhaku- ja päätöksentekotehtävässä tulee kerätä tietoa, jotta voidaan suorittaa päätös ja viedä tehtävä loppuun. Tämän vuoksi tarvitaan teoria, joka kuvaa ihmisen tavoitteellista toimintaa vuorovaikutustehtävässä. Ihmiset myöskin vaikuttavat sopeutuvan erilaisiin käyttöliittymiin ja suoriutumaan tehtävissä vaikkakin suoriutumistapa voi olla erilainen. Teoria, joka parhaiten selittäisi ihmisen käytöstä eri kokoisilla näytöillä olisi sellainen, joka kuvaa ihmisen kykyä sopeutua tehtäväympäristöön. Yhtenä sopeutumista selittävänä teoriana on laskennallisen rationaalisuuden viitekehys.

3.3 Laskennallisen rationaalisuuden viitekehys

Oulasvirran (2019) mukaan laskennallisen rationaalisuuden mallit selittävät käytöstä monipuolisesti, sillä ne eivät keskity vain tehtävän luomiin rajoitteisiin vaan ottavat huomioon myös ihmisen kognitiiviset rajoitteet. Laskennallinen rationaalisuuden avulla voidaan selittää tilannekohtaista vuorovaikutusta ja kuinka ihminen toimii vuorovaikutustehtävissä (Oulasvirta, 2019).

Lewis, Howes ja Singh (2014) esittelivät laskennallisen rationaalisuuden teoreettisen viitekehysten, kuinka ihmisen käytös muodostuu kognitiivisista mekanismeista, jotka mukautuvat ympäristön rakenteeseen ja kognition itseensä. Laskennallisen rationaalisuuden viitekehys on muodostunut, kun rationaaliseen analyysiin on liitetty tiedonkäsittelyn rajoitteet. Viitekehyksessä on vivahteita myös rajoitetun optimaalisuuden viitekehyksestä, mutta se on selvästi erotettu rajoitetun rationaalisuuden viitekehyksestä. (Lewis ym., 2014.)

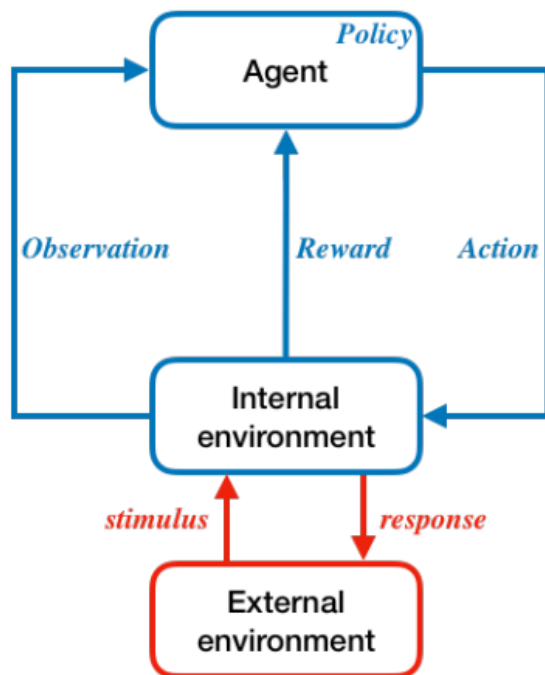
Laskennallisen rationaalisuuden teorian keskiössä on optimaalisen ohjelman ongelma, johon vaikuttaa ympäristö (ekologia), rajoittunut kone (mekanismi) ja hyötyfunktiot. Ratkaisu optimaalisen ohjelman ongelmaan on optimaalinen ohjelma eli menettelytapa, jonka toteuttaa hyötyä maksimoiva rajoittunut toimija ympäristössä, johon hänen on sopeuduttava. (Lewis ym., 2014.) Menettelytapa on ihmisen kognition tuottama ratkaisu, joka syntyy hyödyn, ympäristön ja rajoittuneen tiedonkäsittelyjärjestelmän alaisuudessa.

Laskennallisen rationaalisuuden viitekehys voidaan nähdä ihmisen ja tietokoneen välisen vuorovaikutuksen teoriana. Oulasvirran, Jokisen ja Howesin (2022) mukaan ihminen toimii parhaalla mahdollisella tavalla sopeutuen kognitiivisiin rajoihin ja aiempaan kokemukseen tehtäväympäristöstä. Laskennallisella rationaalisuudella yritetään selittää, miksi ihmiset käyttäytyvät tietyssä ympäristössä tietyllä tavalla. Ihmeellistä on, miksi samassa ympäristössä käytös voi olla erilaista eri ajanhetkellä ja miten voidaan selittää erilainen havaittava käytös ympäristössä, jossa ei ole tapahtunut muutoksia? Laskennallisen rationaalisuuden viitekehyksessä havaittava vuorovaikutus on seuraus sopeutumisesta

kognition rajoitteisiin ja ympäristön rajoitteisiin ja sen vuoksi vuorovaikutus voi vaihdella (Oulasvirta ym., 2022).

Oulasvirta ja kumppanit (2022) argumentoivat, että vuorovaikutteinen käytös syntyy menettelytavasta, joka on mukautettu optimaalisesti subjektiivisiin mieltymyksiin ja rajoihin. Mieltymyksiin kuuluu havaitut hyödyt ja kustannukset, mukaan lukien virheiden kustannukset sekä sisäisen että ulkoisen ympäristön asettavat rajat. Menettelytapa, joka muodostuu ihmisen mielessä ei suoraan muodostu ulkoisen ympäristön kanssa vaan sisäisen ympäristön kanssa. Käyttöliittymän ulkoasu voi muuttaa havaittua palkkio/kustannus tasapainoa ja sitä kautta vaikuttaa toimijan mahdollisuuksiin toimia käyttöliittymässä. (Oulasvirta ym., 2022.)

Vuorovaikutteisen käytöksen muodostuminen erilaisten rajoitusten rajajana on havainnollistettu kuviossa 5. Laskennallisen rationaalisuuden teoria käyttää POMDP-päätöksentekomallia. Kuvioista 5 nähdään toimijan sisäiset rajoitteet, jotka on kuvattu sinisillä viivoilla ja ulkoiset rajoitteet, jotka on kuvattu punaisilla viivoilla.



KUVIO 5 Laskennallisen rationaalisuuden POMDP agentti (Oulasvirta, Jokinen & Howes, 2022)

Kuvioista 5 nähdään, että menettelytavan muodostaa agentti. Agentti ei kuitenkaan ole itse toimija, vaan agentti on kontrollijärjestelmä. Toimijan kognitiiviset, havaitsemiseen liittyvät ja motorisen toiminnan rajoitteet ovat sisäisen ympäristön ominaisuuksia. Ulkoinen ympäristö on se, josta toimija saa ärsyksen, mutta itse käytöstä ulkoinen ympäristö ei suoraan määritä. Käytöksen muodostumiseen vaikuttaa toimijan havainnot sisäisestä ympäristöstä, toimien

punnitseminen ja hyödyn arviointi. Lopullinen vaste on nähtävissä vasta, kun toimija on muodostanut menettelytavan (policy).

Näytön koko on yksi tekijä, joka vaikuttaa ulkoiseen ympäristöön. Käyttäytyminen tiedonhaku- ja päätöksentekotehtävissä mukautuu näytön koon rajoittamaan tiedonesitykseen, joka voidaan nähdä mallin tuottamasta datasta. Näytön koko voidaan nähdä ulkoisen ympäristön rajoitteena ja mallista saatava data voidaan nähdä vasteena. Mallin sisällä tapahtuu paljon prosessointia, jota ei voida havaita simulaatiodatasta. Simulaatiodata on vain havaittavia vasteita.

Oulasvirta ja kumppanit (2022) huomauttavat, että käyttöliittymän ulkoasu ei suoraan määritä käytöstä vaan muokkaa käyttäjän ulkoista ympäristöä ja vaikuttaa sitä kautta toimiin, joita rationaalinen käyttäjä voi toteuttaa. Laskennallisen rationaalisuuden viitekehys pyrkii ennustamaan käyttäjän menettelytavan eli kuinka hän adaptoituisi suorittamaan tehtävän koolla rajoitetulla käyttöliittymällä. Oulasvirran ja kumppaneiden (2022) mukaan vuorovaikutus on erittäin herkkä designille, joten näytön koon rajoittaessa nähtävillä olevaa tiedon määrää voidaan olettaa, että käytös näytön kokojen välillä eroaa.

Laskennallisen rationaalisuuden viitekehystä on sovellettu mallintamisessa. Laskennallisen rationaalisuuden viitekehyksellä on onnistuneesti saatu selitettyä ihmisen mukautuvaa käyttäytymistä erilaisissa käyttöliittymissä. Mallinnuksella on mm. tutkittu, kuinka ihminen mukauttaa toimintansa käytettävissä oleviin pitkäkestoisen muistin resursseihin etsiessään kuvakkeita käyttöliittymästä (Jokinen, Wang, Sarcar, Oulasvirta & Ren, 2020) ja kuinka katseet mukautuvat käyttöliittymässä esitettyyn väritietoon (Chen, Starke, Baber & Howes, 2017). Kun väritietoa on saatavilla päätöksen teon tueksi, käyttäytyminen mukautuu tähän ulkoisen ympäristön ominaisuuteen.

4 AINEISTO JA MENETELMÄT

Tässä tutkimuksessa aineistona toimii aiemmat tutkimukset näytön koon vaikutuksista tehtävien suorittamiseen ja laskennallisen mallin tuottama simulaatiodata. Aiemmista tutkimuksista saatiin selville, että näytön koko rajoittaa tiedon esittämistä näkymällä, joka vaikuttaa käyttöliittymän ulkoasuun. Käyttöliittymän ulkoasu taas vaikuttaa osaltaan siihen, kuinka ihminen voi toimia käyttöliittymässä. Käyttöliittymän rakenteella on vaikutusta tehtävän suorittamiseen ja mallista saadun datan avulla voidaan vastata, millainen vaikutus näytön koolla on juuri tiedonhaku- ja päätöksentekotehtävän suorittamiseen.

Tutkimusmenetelmänä on kognitiivinen laskennallinen mallinnus, joskaan tämän tutkimuksen tutkija ei itse rakenna tai käytä mallia. Tutkimuksessa käytettiin olemassa olevaa mallia, joka muokattiin simuloimaan tiedonhaku- ja päätöksentekotehtävää. Mallin muokkaus tapahtui tutkijan tekemän tehtäväkuvausten perusteella. Mallille määriteltiin reunaehdot, joiden sisällä malli alkoi kehittää menettelytapoja tehtävän suorittamiseksi. Simulaatiodata edustaa onnistuneita menettelytapoja.

Seuraavaksi esitellään, miten tutkimuksen tiedonhaku suoritettiin. Sen jälkeen esitellään, mikä on laskennallinen kognitiivinen mallinnus ja miksi mallinnus valikoitui tämän tutkimuksen menetelmäksi. Lopuksi kerrotaan, millaista tilastollista analyysiä mallin tuottamalle simulaatiodatalle suoritettiin.

4.1 Tiedonkeruu

Tiedonkeruuta suoritettiin läpi koko pro gradu tutkielman. Aluksi tietoa kerättiin, jotta saatiin tarkempaa tietoa tutkittavasta aiheesta. Kun tutkimuksen aihe oli selvillä, siirryttiin tutkimusongelman täsmentämiseen. Tutkimusongelman täsmentämisessä keskeisintä oli luoda ymmärrystä tutkittavasta ilmiöstä ja löytää tutkimuksen arvoinen kysymys/ongelma. Kun tutkimuskysymys ja mallinnus tutkimusmenetelmänä varmistuivat, siirryttiin järjestelmälliseen tiedonhaakuun. Metsämuurosen (2011, 47) mukaan systemoidun kirjallisuuskatsauksen

tavoitteena on estää aineiston valikoitumisen harha, antaa tutkimuksille sen ansaitsema paikka ja varmistaa olemassa olevien tulosten tehokas hyödyntäminen.

Tutkimuksen tavoitteena ei ole vain suorittaa tutkimus, vaan näyttää, että tutkija hallitsee tutkimuksen kannalta vaadittavat tiedonkeräämistaidot, tutkitun tiedon ja oman ajattelun synteessin ja raportointitaidot. Tiedonkeruuta suoritettiin mm. erilaisista aiheeseen sopivista teorioista, ilmiön aiemmista tutkimuksista, valitusta tutkimusmenetelmästä ja tutkimusmenetelmän toiminnasta. Tutkimuksen kulkua ohjasi myös teokset tutkimuksen suorittamisesta ja kirjallisesta raportoinnista.

Tiedonkeruuta suoritettiin monesta tutkimukseen kuuluvasta sisällöstä. Erityisen haasteellinen oli perehtyä laskennalliseen mallinnukseen. Erilaisia laskennallisia malleja on kehitetty pitkään ja jokaisessa mallissa on erilaiset laskennalliset komponentit. Täyttä selvyyttä siitä, minkä arkkitehtuurin pohjalle tämän tutkimuksen malli on luotu, ei tutkijalla ole. Seuraavaksi kuvaillaan, kuinka aiempia tutkimuksia näytön koon vaikutuksesta tehokkuuteen pyrittiin löytämään. Aiempaan tutkimukseen näytön koon vaikutuksista suoritettiin systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja muihin tukeviin aiheisiin tietoa haettiin väljemmin.

Hakusanalla näytön koon vaikutus effects of screen size kokotekstin ja vertaisarvioinnin hakukriteerein antoi Jykdokissa 289 hakutulosta. Aikaväli graafista näkyi, että tutkimusta tällä hakusanalla on tehty vuodesta 1974 lähtien lisääntyvässä määrin. Tutkimusten huippu on saavutettu vuonna 2018 ja tutkimusta tällä hakusanalla tehdään edelleen. Lisäämällä hakulauseeseen tehokkuuden performance saatiin hakutuloksia rajattua 190 kappaleeseen. Hakusanalla effects of display size JA performance saatiin 309 hakutulosta.

Erilaisia hakusanoja yhdistelemällä ja hyväksymis- ja poissulkukriteerien pohjalta saatiin rajattua aineistoa, mutta lopullinen päätös tutkimuksen sopivuudesta saavutettiin vasta luettua artikkelit kokonaan. Lukuisista hakutuloksista nousi esiin rajaamisen tärkeys tiedonkeräämisessä. Tiedonhaku digiaikana voi olla haastavaa, sillä tietoa on saatavilla helposti ja runsaasti. Mitä enemmän löydetään relevanttia lähdekirjallisuutta, sitä enemmän tarvitaan aikaa tiedon läpikäymiseen. Aineiston valintaan vaikutti myös tutkijan antama aikaresurssi ja tapa etsiä ja arvottaa tietoa. Jotkut aineistot rajautuivat pois jo pelkästään otsikon perusteella ja jotkut aineistot tiivistelmän perusteella. Lähdemateriaalia karsiutui pois vielä tutkimusta raportoitaessa.

4.1.1 Hakusanojen ja lauseiden kartoitus

Aiempaa tutkimusta aiheesta haettiin lukuisilla erilaisilla hakusanoilla ja hakusanayhdistelmillä. Ongelmana spesifisen hakusanan löytämisessä oli näytön lukuisat erilaiset synonyymit ja niiden yhdistäminen eri kokoisten näyttöjen väliin vertailuun ja inhimilliseen suorituskykyyn. Tepa-termipankin (2022c) mukaan sanalle näyttö eli näyttöruutu, näyttölaite, kuvaruutu, näyttin ja näyttöpäätte on englannin kielessä mm. seuraavanlaisia vastineita: data switching exchange (DSE), display device, display screen, display screen equipment, monitor, screen ja visual display unit (VDU).

Koska tarkoituksena oli löytää tutkimuksia, joissa vertailtiin eri kokoisia näyttöjä toisiinsa, oli määriteltävä myös vertailua kuvaava hakusana. Vertailua etsittiin hakusanalla *comparison*, mutta sillä ei löytynyt kovinkaan hyvin hakutuloksia. Parhaiten relevantteja hakutuloksia löysi vertaamalla olemassa olevia pieniä ja isoja teknologioita.

Isoina teknologioina voidaan pitää kannettavan tietokoneen kokoisia näyttöjä ja siitä isompia näyttöjä. Usein tutkimuksissa käytettiin sanaa *PC*, joka voi tarkoittaa niin pöytäkonetta kuin kannettavaa tietokonetta. Sekoittavasti kannettava tietokone voidaan kategorisoida myös mobiililaitteisiin. Yleensä mobiililaitteella kuitenkin tarkoitettiin tablettia tai älypuhelinta.

Myös *Tepa-termipankin* (2022b) mukaan mobiililaitte tai kannettava laite (*mobile device* ja *portable device*) voidaan yhdistää termeihin taulutietokone (*PDA*), kannettava tietokone (*laptop*) ja älypuhelin (*smartphone*). *Tepa-termipankin* (2022b) mukaan mobiililaitte on mukana kannettava laite, joka soveltuu tiedon käsittelyyn ja langattomaan tiedonsiirtoon. Mobiililaitte voi siis yhtä hyvin olla kannettava tietokone, tabletti tai älypuhelin, vaikka jokaisen laitteen näyttö on kooltaan erilainen ja laitteet ovat myös erilaisia vuorovaikutustekniikoiltaan.

Lähteitä hakiessa käytettiin näytön koolle muitakin synonyymejä, kuten *display size*, *visual display terminal*, *small size*, *small screen*, *mobile device*, *smartphone*, *large size*, *PDA*, *PC*, *desktop* ja *laptop*. Tehokkuutta pyrittiin löytämään sanoilla *performance*, *efficiency* ja *effectiveness*. Myös mitattavia tuloksia etsittiin niiden nimillä, kuten *task completion time*. Loppujen lopuksi ei pystytty määrittelemään yhtä kattavaa hakulausetta, vaan tietoa etsittiin yhdistelemällä erilaisia hakusanoja. Taulukossa 1 on esitetty erilaisia hakusanoja.

TAULUKKO 1 Erilaisia hakusanoja ja niiden synonyymejä

Hakusanoja	Hakusanoja englanniksi
suorituskyky ja sen mittaaminen	<i>performance</i> , <i>efficiency</i> , <i>effectiveness</i> , <i>response time</i> , <i>response accuracy</i> , <i>completion time</i>
näyttö	<i>screen</i> , <i>display</i> , <i>display device</i> , <i>monitor</i> , <i>DSE</i> (<i>data switching exchange</i>), <i>VDU</i> (<i>visual display unit</i>),
vertailua eri kokoisten teknologioiden välillä	<i>small size vs. large size</i> , <i>small screen vs. large screen</i> , <i>mobile device</i> , <i>smartphone</i> , <i>PDA</i> , <i>PC</i> , <i>laptop</i> , <i>desktop</i>

4.1.2 Hyväksymis- ja poissulkukriteerit

Tiedonhausta rajattiin pois sellaiset tutkimukset, joissa käsiteltiin näytön koon vaikutusta muuhun kuin visuaalista materiaalia kohtaan ja tutkimukset, joissa tutkittiin vain koettua mieltymystä eri kokoihin näyttöihin. Jos tutkimus käsiteli näytön koon vaikutusta esimerkiksi audiovisuaalista materiaalia kohtaan, tällainen tutkimus täytti poissulkukriteerin. Jos taasen tutkimuksessa oli mitattu sekä suorituskykyä että koettua käytettävyyttä, niin tutkimus täytti

hyväksymiskriteerit. Tärkeimpänä hyväksymiskriteerinä oli se, että tutkimuksessa oli jollain tehtävällä tutkittu ihmisen suorituskykyä eri kokoisien näyttöjen välillä. Myös tutkimukset, jotka käsittelivät vain fysiologisia vasteita tai erilaisia oireita, kuten silmien arkuutta tai väsymystä eri kokoisia näyttöjä käyttäessään eivät täyttäneet hyväksymiskriteerejä.

Vertailtavien näyttöjen tuli olla eri kokoisia eikä sellaiset tutkimukset päässeet mukaan, joissa tutkittiin vain yhden näytön vaikutusta suorituskykyyn. Hakutuloksista löytyi hyvin erilaisia näyttöteknologioita, mutta tulokset rajattiin tavanomaisiin tasonäyttöihin. Tutkimuksia oli suoritettu mm. kaarevista näytöistä ja päässä pidettävistä näytöistä (HMD), joita ei otettu mukaan teoriakatsaukseen.

Kirjallisuutta haettiin kokoavista tietokannoista, kuten Google Scholar ja Jykdokin kansainvälisten e-aineistojen hausta. Metsamuurosen (2011, 48) mukaan kirjallisuushaku kannattaa aloittaa tietokannoista ja sen jälkeen siirtyä viitehakuun, käsin hakuun ja harmaan kirjallisuuden hakuun. Monet tietokannat tarjosivat automaattisesti viitehakuja ja ehdotti samakaltaisia artikkeleita. Lopullinen päätös hyödyntää artikkeleita selvisi vasta lukemalla koko artikkeli ja arvioimalla sen sopivuus omaan tutkimuskysymykseen.

Pelkän artikkelin nimen perusteella tai tiivistelmän perusteella oli hankala arvioida artikkelin osuvuutta tai laatua. Jykdokin kansainvälisten e-aineistojen haun kautta voitiin määrittää hakukriteeriksi vertaisarvioidut aineistot. Vertaisarvioidut aineistot ovat Metsämuurosen (2011, 43) mukaan yksi luotettavuutta parantava tekijä.

Google Scholar taasen tarjosi tiedon siitä, kuinka usein artikkeleita oli siteerattu ja se ohjasi osaltaan lähteiden laadukkuuden ja luotettavuuden arviointia. Google Scholarin haussa käytettiin samoja hakurajoituksia kuin Jykdokissa paitsi vertaisarviointia ei voitu määrittellä hakukriteeriksi.

4.2 Laskennallinen kognitiivinen mallintaminen

Laskennallinen kognitiivinen malli on tietokoneella pyörivä simulaatio-ohjelma, jolla pyritään osoittamaan ja ennustamaan ihmismäistä käytöstä. Malleihin on pyritty luomaan sellaiset ihmisen kognition osat, jotka ovat suhteellisen vakaita ajan myötä ja riippumattomia tehtävästä. Malleihin on lisäksi koodattava tietyn tehtävän suorittamiseen tarvittava tieto, jonka mallintaja määrittelee. (Byrne, 2009)

Kognitiivinen mallintaminen on yksi tapa, jolla voidaan tutkia ihmisen ja tietokoneen välistä vuorovaikutusta. Coxin ja Peeblesin (2008) mukaan kognitiivisilla malleilla voi identifioida ja selittää ongelmia, joita käyttäjät kohtaavat ja antaa tietoa kognitiivisista ja havaitsemisen rajoitteista, joita ihmisen suorituskykyyn liittyy. Oulasvirran (2019) mukaan malleilla voidaan analysoida käyttöliittymän kestävyttä ja skaalautuvuutta. Eli mitä tapahtuu, kun toiminnallisuudet lisääntyvät, kankaan koko muuttuu (näytön koko) tai käyttäjämäärä lisääntyy tai kun käyttäjät muuttavat tehtäviään. Byrnen (2009) mukaan mallien avulla voidaan myös kokeilla ja tutkia, kuinka tehtävästä suoriutuminen muuttuu, jos

käyttäjän kyvykkyys muuttuu. Eli mitä tapahtuu, jos käyttäjän muisti olisi huonompi tai jos käyttäjällä on ongelmia visuaalisessa havaitsemisessa.

Byrnen (2009) mukaan laskennallisella mallinnuksella voidaan saada muutakin laskennallista dataa kuin vain suoritusajkoja. Sillä voidaan havaita virheiden määrät, tiedon muutokset, oppimismäärät ja muita tehokkuuden määreitä. Tässä tutkimuksessa tutkitaan tiedonhaku- ja päätöksentekotehtävän suoritusajkoja ja oikeinvastausprosentteja kahden eri kokoisen näytön välillä.

Laskennallisella mallintamisella on monia vahvuuksia, joiden vuoksi se valikoitui tutkimusmenetelmäksi. Ocakin ja Cagiltayn (2017) mukaan mallintamisen on halpa, nopea ja luotettava tapa saada ennusteita siitä, kuinka ihminen toimii käyttöliittymän kanssa. Oulasvirran (2019) mukaan laskennallisen mallintamisen kehitys on hypännyt huomasti eteenpäin ja sen vuoksi mallintaminen on ehdottomasti yksi varteen otettava ihmisen ja tietokoneen välisen vuorovaikutuksen tutkimusmenetelmä.

Myös Salvuccin (2001) mukaan kognitiivinen mallintaminen on ottanut ison loikan siinä, kuinka visuaalisen maailman kanssa ollaan vuorovaikutuksessa. Nykyiset mallit ottavat huomioon visuaalisen prosessoinnin, jota tarvitaan kohteiden koodaamiseen ympäristöstä. Mallit täsmentävät, kuinka kognitio suuntaa visuaalista huomiota käyttöliittymän eri osiin, kuinka eri osat koodataan sisäisiksi representaatioiksi ja kuinka koodattu representaatio yhdistetään korkeamman tason representaatioksi ja abstraktioiksi. Kognitiivisen ja visuaalisen prosessoinnin mukaan saaminen malleihin parantavat mallien realismia ja uskottavuutta. (Salvucci, 2001.)

Sen lisäksi, että kognitiiviset mallit on todettu ennustavat tarkasti sitä, kuinka ihminen toimii erilaisissa käyttöliittymissä, myös erilaisten muuttujien vakiointi on helpompaa mallinnuksessa. Mallintamalla saadaan helposti vakioitua koeasetelmasta sellaisia asioita, joita empiirisessä tutkimuksessa olisi vaikea vakioida. Mallinnuksessa ei tarvitse miettiä ärsykettä esittävän laitteen merkkiä, mallia tai muitakaan laitteen ominaisuuksia.

Mallinnuksen avulla voidaan vakioida myös vuorovaikutustavasta aiheutuvat vaikutukset helpommin kuin empiirisissä kokeissa. Monissa empiirisissä tutkimuksissa verrattiin älypuhelinia ja pöytäkoneita toisiinsa, joissa vuorovaikutus tapahtuu hyvin eri tavalla. Pelkän näytön koon vaikutusta on vaikea tutkia, jos vastakkain on pöytäkone hiirineen ja ulkoisine näppäimistöineen ja kosketusnäyttöinen älypuhelin.

Mallintamalla saadaan vakioitua tiedon määrän vaikutus, koska tietona toimii numeerinen matriisi. Tehtävässä oleva tieto on joko yhdellä tai kahdella näkymällä eikä tiedon määrä vaikuta siihen, miten laite toistaa tietoa. Mallintamalla saadaan ikään kuin puhtaampaa dataa siitä, mikä on vain näytön koon osuus tiedonhaku- ja päätöksentekotehtävässä tai tarkemmin, mikä vaikutus tiedon esityksellä kahdella eri välilehdellä on tiedonhakuun ja päätöksentekoon.

Toisaalta mallinnuksen heikkoutena voidaan myös pitää sitä, että mallintaminen tapahtuu ideaalisessa ympäristössä, jossa ei ole häiriötekijöitä läsnä. Mallinnettava data ei sisällä ihmisen ja teknologian ympärillä olevan ympäristön ja kontekstin aiheuttamia vaikutuksia, jotka voivat olla esimerkiksi pöytäkoneen ja

mobiililaitteen välillä hyvin erilaisia. Mallin toimintaan ei vaikuta myöskään ihmisen tunteet tai tarkkavaisuus. Tulosten yleistettävyyden kannalta on hyvä tiedostaa, että mallin avulla saatua tietoa ei voi suoraan rinnastaa oikeaan käyttökontekstiin

Malli sisältää erilaisia laskennallisia komponentteja, joista syntyy mallin toiminta. Mallissa on EMMA-silmänliikemalli, joka on syntynyt visuaalisen haun lainalaisuuksista ja joka toimii mallin näkökykynä. Mallin päätöksenteosta vastaa POMDP-päätöksenteonmalli. EMMA- ja POMDP-mallit on kuvattu, koska niiden toiminnan ymmärtäminen auttaa ymmärtämään mallin toimintaa ja sen antamia tuloksia.

4.2.1 EMMA-silmienliikemalli

EMMA (Eye Movements and Movement of Attention) on laskennallinen malli, jolla voidaan mallintaa silmien ja huomion liikettä. EMMA-mallilla kuvataan epäsuoraa yhteyttä silmänliikkeiden ja visuaalisen koodauksen välillä. EMMA toimii siltana havaittavien silmän liikkeiden ja ei-havaittavien kognitiivisten prosessien välillä, jotka tuottavat siirtymiä huomiossa. Malli pystyy kuvaamaan, tapahtuuko silmien liikkeitä vai ei, milloin ne tapahtuvat ja minne liikkeet pysähtyvät. (Salvucci, 2001.)

Visuaalinen huomio alkaa kognitiivisen prosessorin käskystä liikuttaa huomiota annettua visuaalista objektiä kohti. Kun objekti on löytynyt, EMMA aloittaa objektin koodaamisen eli visuaalisen representaation tunnistamisen ja tallettamisen deklaratiiviseen muistiin. Koodausaika on riippuvainen objektin esiintymistiheydestä ja objektin etäisyydestä tarkan näön pisteeseen. Koodausaika kasvaa, kun objektin etäisyys kasvaa, mutta vähentyy esiintymistiheyden kasvaessa. Koodausaikaan lisätään myös kohinaa. (Salvucci, 2000).

Mallin tehdessä koodausta eri kokoisilta näytöiltä voidaan ajatella, että koodaaminen kestää pidemmän aikaa isolla näytöllä, koska siellä kohteita on enemmän ja ne ovat kauempana toisistaan. Pienellä näytöllä kohteita on vähemmän ja siten yhden näkymän koodaaminen vie vähemmän aikaa, kuin isolla näytöllä. Pienellä näytöllä on kuitenkin kaksi näkymää, jolloin kokonaisaika näiden kahden näkymän koodaamiseen voi olla korkeampi, kuin yhden näkymän koodaaminen.

Silmien liikkeet alkavat visuaalisen huomion muutoksista. Silmien liikkeet on jaettu kahteen vaiheeseen; valmisteluun ja toimeenpanoon. Kun visuaalinen huomio on kiinnittynyt uuteen objektiin alkaa silmänliikkeen valmistelu. Valmistelun jälkeen toimeenpannaan sakkadi. Valmisteluaika on lisätty malliin, koska ihminen voi peruuttaa silmänliikkeen pian huomion vaihtumisen jälkeen, mutta ei enää valmistelun jälkeen. Silmän liikkeen valmistelu vie noin 150 ms, motorinen toimeenpano 50 ms, itse sakkadi 20 ms ja lisäksi 2 ms jokaiseen sakkadin kulkemaan visuaalisen kulman asteeseen. Myös silmän liikkeiden valmisteluun ja motoriseen ohjaamiseen lisätään kohinaa samaan tapaan kuin visuaalissa huomiossa. (Salvucci, 2000.)

EMMA:ssa on neljä prosessia, jotka toimivat rinnakkain. Huomiota siirtävä kognitio, katsetta siirtävä ja kohteita koodaava näkö, silmien liikkeiden

valmistelu ja toimeenpanon. Nämä neljä prosessia muodostavat kontrollisarjan. Erilaiset kontrollisarjat ovat mahdollisia prosessien rinnakkaisen käsittelyn vuoksi. (Salvucci, 2000)

EMMA:lla voidaan simuloida, kuinka silmät liikkuvat erilaisissa tehtävissä, kuten lukemisessa, yhtälön ratkaisussa, visuaalisessa haussa ja ajamisessa (Salvucci, 2001; Salvucci, 2006). EMMA:n tuottamia tuloksia yhtälön ratkaisusta, lukemisesta ja visuaalisen haun tehtävistä on verrattu empiirisen datan kanssa ja todettu, että ne melko hyvin pystyvät ennustamaan oikeiden ihmisten käytöstä (Salvucci, 2001).

4.2.2 POMDP-arkkitehtuuri

POMDP (Partially Observable Markov Decision Process) eli osittain havainnoitava Markovin päätöksentekoprosessissa keskeistä on se, että tekijä voi havaita maailmasta kerrallaan vain osan, eikä täten maailmassa olevan tilan kaikki tieto ole tekijällä käytössään (Chen ym., 2017). POMDP on muunnelma MDP:stä (Markov Decision Process) eli Markovin päätöksenteon prosessista, joka on viitekehys peräkkäisten päätöksenteko-ongelmien matemaattiseen muotoilemiseen (Acharya, 2019).

MDP:ssa ulkoisen maailman vuorovaikutus on oletettu olevan erillisiin aikavaiheisiin sidonnainen. Eli tekijä havaitsee kyseisen maailman tilan (state) ja päättää minkä toiminnon (action) suorittaa kyseisessä ympäristön tarjoamassa tilassa. Tämän jälkeen maailma siirtyy uuteen tilaan määritetyllä todennäköisyydellä ja tekijä saa palautetta palkkion muodossa. Palkkio toimii indikaattorina tekijälle, kuinka hyvä toiminta oli siihen tiettyyn havaittuun maailman tilaan. (Acharya, 2019.)

MDP:ssa on oletuksena, että tekijällä on aina täysi tietämys maailmassa vallitsevasta tilasta. POMDP:ssa oletuksena on, että ympäristön havaittu tila ei ole koskaan täydellinen, vaan se on osittainen. Tämä osittainen havainnointi johtuu ihmisen tiedonkäsittelykapasiteetin rajoitteista. Tekijä ei tarkkaile nykyistä tilaa suoraan, vaan vastaanottaa joukon havaintoja ja niiden todennäköisyyksiä. (Acharya, 2019; Chen ym., 2017.) Malli siis havainnoi tietomatriisista tietoa, mutta tietyllä ajanhetkellä sen ymmärrys tietomatriisista on se, mitä malli on ehtinyt koodaamaan. Koodattu tieto ei sellaisenaan siirry mallin sisäiseen ympäristöön, vaan tieto on lähellä koodattua tietoa.

4.3 Mallin määrittely

Mallin määrittely suoritettiin toimittamalla mallintajalle tutkijan kehittelemä tehtävänkuvaus. Tehtävänkuvausessa mallille luotiin tehtäväympäristö ja määriteltiin ehdot, joiden mukaan mallin tulee toimia. Mallille tuli määrittää reunaehdot, joiden perusteella se pystyi löytämään menettelytavan tehtävän suoritukseen. Seuraavaksi esitellään tutkimus, joka toimi tehtävänkuvaus

innoittajana. Aluksi esitellään innoittaja oleva tutkimus, jonka jälkeen esitellään itse tehtävänkuvaus.

4.3.1 Innoittajan toiminut empiirinen tutkimus

Sanchezin ja Branaghanin (2011) tutkimuksessa tutkittiin kahden eri kokoisen näytön vaikutusta tiedon keräämiseen ja kerätyn tiedon pohjalta tapahtuvaan järkeilyyn. Tutkimuksessa oli kaksi erillistä koetta. Ensimmäisessä koeasetelmassa oli mukana täysikokoinen näyttö (full-size display) ja pieni näyttö ja toisessa kokeessa pieni näyttö pystysuunnassa ja vaakasuunnassa.

Tutkimuksen mukaan tiedon keräämiseen näytön koolla ei ollut vaikutusta, mutta järkeilyyn ja päätöksentekoon pieni näyttö vaikutti suoritusta laskevasti. Tutkimuksen päätulos oli, että pienellä näytöllä järkeily on tehottomampaa, sillä tehtävän suorittamiseen menee enemmän aikaa ja tehtävän vastaustarkkuus oli matalampi. Toisessa kokeessa pienen näytön kääntäminen vaakasuoraan todettiin parantavat oikeinvastausprosenttia, mutta ei suoritusaikaa.

Tutkimuksessa keskityttiin avaamaan skrollaamisen ja tekstin koon aiheuttamia ongelmia. Aiempien tutkimusten katsauksessa tuotiin esiin, että näytön rajallinen koko pakottaa käyttäjän skrollaamaan ja skrollaus saattaa kuormittaa käyttäjän muistia. Skrollaaminen saattaa vaikuttaa negatiivisesti avaruudelliseen hahmottamiseen tai kerätyistä informaatiosta luotavan kokonaiskuvan muodostumiseen. Tutkijat arvelivat myös, että skrollauksen aikainen liike saattaa varastaa käyttäjän huomion ja siten tarkkaavaisuus tekstin sisältöä kohtaan on matalampi.

Tutkimuksessa koehenkilöt lukivat kaksi lyhyttä analyttistä järkeilyä sisältävää skenaariota. Kummassakin skenaariossa oli kolmen sääntöä, jotka vaikuttivat lopulliseen ratkaisuavaruuteen. Yhdessä skenaariossa koehenkilöitä pyydettiin aikatauluttamaan vierailusarja kuuteen historialliseen kohteeseen ja toisessa tehtävässä koehenkilöiden tuli järjestää kuusi esitelmää konferenssipäivään. Luettu skenaario vaikutti siihen, missä järjestyksessä historialliset kohteet tai esitelmät voitiin aikatauluttaa.

Koehenkilöt saivat viisi minuuttia aikaa lukea viisi e-mailia, joissa kerrottiin lisätietoa historiallisista kohteista tai esitelmistä. Tämän viiden minuutin aikana he saivat lukea mailit niin monta kertaa kuin halusivat/ ehtivät. Pienenä näyttönä toimi virtuaalinen laite, jonka näyttö oli 208 x 276 pixeliä (55 x 73 mm) ja jonka resoluutio oli 96 ppi. Täysikokoisesta näytöstä kerrottiin, että se näytti sähköpostin niin kuin tavallinen e-mail käyttöliittymä näyttää. Molemmista näytöissä tekstin koko oli 12 pt ja fonttina käytettiin Times New Roman.

Järkeilytehtävässä oli kuusi monivalintaväittämää. Järkeilytehtävällä pyrittiin todentamaan se, että koehenkilö osaa soveltaa aiemmin lukemiaan sääntöjä käytännössä. Tähän tehtävään annettiin vastausaikaa 8 minuuttia ja sen aikana sai käydä läpi e-maileja, joista järjestyssäännöt selvisivät.

Toisessa koeasetelmassa vaakasuunnassa olevalla näytöllä vastaustarkkuus oli korkeampi, mutta suoritusajakaan näytön orientaatio ei vaikuttanut. Pysty- ja vaakasuuntaisessa koeasetelmassa selvitettiin myös koehenkilöiden työmuistin kapasiteettia ja kuinka se vaikuttaa tehtävässä suoriutumiseen.

Koehenkilöt, joilla oli matalampi työmuistin kapasiteetti, hyötyivät vaakasuuntaisesta näytöstä. Näytön horisontaalisella leveydellä tai tiedon horisontaalisesti leveämmällä esitysmuodolla on vaikutusta tehtävän suorittamiseen.

4.3.2 Tehtävänkuvaus

Mallilla suoritettava tehtävä koodataan mallille tutkijan kuvaaman tehtävänkuvausten pohjalta. Tehtävänkuvaus on johdettu Sanchezin ja Branaghanin (2011) tutkimuksessa suorittamasta tehtävästä. Tämä tehtävä valikoitui, sillä aiemmissa tutkimuksissa oli todettu, että näytön koko ei näytä vaikuttavan tiedon keräämiseen vaan tiedon pohjalta tapahtuvaan järjelyyn. Empiirisen tutkimuksen tehtävä on käsitteellistetty mallinnukseen sopivaksi seuraavasti:

Mallille muodostettiin kaksi eri käyttöliittymää, jotka kuvastavat kahta eri kokoista näyttöä. Sanchezin ja Branaghanin tutkimuksessa pyrittiin havaitsemaan skrollaamisen vaikutus, mutta skrollaaminen itsessään on hankala mallintaa, joten tiedon esitys pienellä näytöllä toteutettiin kahden välilehden muodossa. Sanchezin ja Branaghanin empiirisessä tutkimuksessa pohdittiin myös tekstin kokoa ja zoomaamisen osuutta tiedonkeräämiseen. Tässä tutkimuksessa ei pyritä selvittämään, mikä osuus tekstin koolla tai zoomaamisella on. Sama määrä tietoa esitetään mallille, mutta tieto on vain jaettu eri tavalla. Mallin keräämä tieto ei ole semanttista tietoa, vaan tieto on numeroita. Malli pyrkii koodaamaan käyttöliittymässä olevan numeerisen tiedon muistiin ja käyttämään kerättyä tietoa monivalintakysymyksiin vastaamiseen.

Tehtävää kuvaillessa käytetään samaa esimerkkiä, kuin empiirisessä tutkimuksessa, jotta se on helpompi ymmärtää. Mallin tehtävä on sijoittaa luennoitsijat konferenssipäivään luennoitsijoille sopivaan järjestykseen. Jokaiseen aikaikkunaan on sijoitettava luennoitsija, mutta kaikki aikaikkunat eivät käy kaikille luennoitsijoille. Mallin tehtävänä on kerätä tietoa luennoitsijoista ja aikaikkunoista, jotka on esitetty matriisin muodossa.

Luennoitsijat (N) tulee järjestää ennakkotietojen mukaan tiettyihin aikaikkunoihin (K). Ennakkotietona luennoitsijat ovat ilmoittaneet, mihin aikaan he pystyvät esitelmöimään konferenssipäivässä. Joillekin luennoitsijoille ei sovi kuin yksi mahdollinen aika, mutta jotkut luennoitsijat ovat joustavia esiintymisajan suhteen. Mallille esitetään tieto siitä, käykö luennoitsijalle tietty ajankohta (1) vai ei (0). Taulukossa 2 on esitetty tietomatriisi, joka toimii mallin tehtäväympäristönä.

TAULUKKO 2 Tietomatriisi isolla näytöllä

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
--	----	----	----	----	----	----

N01	1	0	0	0	0	0
N02	1	1	0	0	0	1
N03	1	1	1	0	1	1
N04	1	1	0	1	1	1
N05	1	0	0	0	1	1
N06	0	0	0	0	0	1

Isossa näytössä malli näkee tietomatriisin kokonaan ja pienen näytön tapauksessa tieto esitetään kahdella näkymällä eli tietomatriisi jaetaan kahteen 3 x 6 näkymään. Näytön fyysisellä koolla ei ole tämän tutkimuksen kannalta oleellinen vaikutus. Tietomatriisia ei ole esimerkiksi venytetty isommaksi ison näytön tapauksessa tai pienennetty pienen näytön tapauksessa.

Sanchezin ja Branaghanin (2011) tutkimuksen järjeilytehtävässä oli aikapaine, joka vaikutti tehtävän suorittamiseen. Täten myös mallin tavoitteena on suorittaa tehtävä kohtuullisessa ajassa asettamalla tehtävään aikapaine. Järjeilytehtävässä oli monivalintakysymyksiä, joten myös mallille esitetään mahdollisia oikeita ja vääriä luennoitsija- aikaikkunayhdistelmiä. Taulukossa 3 on esitetty esimerkki yhdestä monivalintakysymyksestä. Vastausvaihtoehdoissa on selkeästi yksi oikea vastausvaihtoehto ja kaksi väärä vaihtoehto, jotta oikeinvastausprosentti on mahdollista määrittää yksiselitteisesti.

TAULUKKO 3 Esimerkki monivalintakysymyksestä ja vastausvaihtoehdoista

Onko tämä mahdollinen esiintymisjärjestys?

- N01& K1, N02 & K2 ja N03 & N3
- N01& K2, N02 & K1 ja N03 & N3
- N01& K1, N02 & K3 ja N03 & N3

Malli joutuu tehtävää suorittaessa käyttämään visuaalista hakua, tiedon koodaamista, muistia ja tehdä päätöksiä. EMMA-malli toimi laskennallisen mallin näkökykynä, huomion liikuttajana ja tiedon koodaajana. Päätöksenteosta vastasi POMDP-päätöksentekoprosessista johdettu malli.

Empiirisessä tutkimuksessa koehenkilöt saivat palata tarkistamaan sääntöjä, jos niin halusivat. Myös malli voi palata tarkistamaan tietomatriisista, mikä luennoitsijoiden ja aikaikkunoiden tila on. Mallin tulee punnita kannattaako tietomatriisia käydä katsomassa vai kannattaako valinta tehdä muistin perusteella. Tietomatriisissa käynti aiheuttaa aikataappiota, kun taas oikeasta vastauksesta ja ajallisesti tehokkaasta suorituksesta saa palkkiota.

Mallille tulee määritellä mukautuvan vuorovaikutuksen viitekehyyksen mukaiset elementit, jotta malli saadaan toimimaan halutulla tavalla. Hyöty voidaan määritellä tavoitteena ja palkkiona/rangaistuksina. Mallin tavoitteena on vastata kysymyksiin ajallisesti tehokkaasti ja pyrkien oikeisiin vastauksiin. Oikein vastaaminen tarvitsee tietoa, kun taas aikapaine vaikuttaa siihen, kannattaako aikaa käyttää tarkkuuden parantamiseen. Mallin tulee siis optimoida käytöksensä suhteessa tavoitteisiin ja käytöksestä saavutettaviin hyötyihin.

Mallin ekologia on käyttöliittymä ja sen tarjoama tieto. Malli ei havaitse ympäristössä olevaa tietoa täysin, vaan se luo itselleen kuvan koodatessa tietoa sisäiseksi representaatioksi. Kuvan tarkkuus vaihtelee mm. sen mukaan, kuinka malli on tiedon hakenut ja koodannut. Muistissa taasen tapahtuu hiipumista ajan kuluessa. Mallin sisäiseen representaation muodostumiseen vaikuttaa kohina tiedonsiirtokanavassa. Malli ei siis muista tarkasti, että jonkin luennoitsija-aikaikkunayhdistelmän arvo on tasan 1 tai 0, vaan luku on sisäisen representaation mukainen.

Mekanismi kuvasti tiedonkäsittelyjärjestelmää eli sitä, mitä voidaan tehdä. Mekanismia voidaan pitää mallin kyvykkyytenä eli mitä kykyjä ja rajoitteita mallilla on. Mallilla on mm. kyky nähdä, kerätä tietoa, muistaa ja hyödyntää koodattua tietoa päätöksen tekoon. Rajoitteena mallilla on visuaalisen havaitsemisen suppeus, muistin hiipuminen ja kohina.

Aiempien tutkimusten mukaan tehtävän monimutkaisuus vaikutti siihen, kuinka tehtävissä suoriuduttiin. Sellaiset tehtävät, jotka vaativat paljon vuorovaikutusta, kuten skrollausta hidastivat tehtävässä suoriutumista enemmän pienillä näytöillä. Tätä havaintoa testattiin kolmella eritasoisella tehtävällä. Helppossa tehtävässä tietoa tarvittiin vain matriisin yläosasta. Keskivaikeassa tehtävässä tietoa tuli hakea matriisin alaosasta ja vaikeassa tehtävässä tietoa piti kerätä sekä matriisin ylä- ja alaosasta. Pienellä näytöllä helppo tehtävä saadaan suoritettua keräämällä tietoa vain ensimmäiseltä näkymältä, keskivaikeassa tehtävässä tietoa haetaan toiselta näkymältä. Vaikeassa tehtävässä pienellä näytöllä on haettava tietoa molemmilta näkymiltä, jotta tehtävä saadaan suoritettua, joten tämän tehtävän suorittaminen oletettavasti nostaa enemmän suoritusaikaa pienellä näytöllä.

4.4 Tilastollinen analyysi simulaatioiden tuloksista

Mallilla tehtiin kolme erilaista simulaatiota. Simulaatioissa oli erilaisia muuttujia, joten ne katsotaan erillisiksi kokeiksi. Ensimmäisessä simulaatiossa tutkittiin kohinan vaikutusta suoritusaikoihin ja oikeinvastausprosentteihin. Toisessa simulaatiossa tutkittiin tehtävän vaikutusta suoritus aikaan ja oikeinvastausprosentteihin ja kolmannessa simulaatiossa tutkittiin, kuinka muisti vaikuttaa suoritus aikaan ja oikeinvastausprosentteihin. Simulaatioista saamia tuloksia analysoitiin tilastolaskennallisin keinoin SPSS-ohjelmalla. Mallilla tuotetussa datassa oli ikään kuin yksi koehenkilö, joka suoritti tehtävän monta kertaa. Simulaation 1 data sisälsi keskimääräisiä suoritusajoja, keskimääräisiä

oikeinvastausprosentteja, järjestettävien kohteiden määrän ja kohinan määrän. Simulaatio 2 data sisälsi keskimääräisiä suoritusajoja, keskimääräisiä oikeinvastausprosentteja, kohinan määrän ja erilaiset tehtävät. Simulaatio 3 sisälsi keskimääräisiä suoritusajoja, keskimääräisiä oikeinvastausprosentteja, lievän kohinan, muistin hiipumisen ja erilaiset tehtävät.

SPSS ohjelmalla suoritettiin lähinnä kuvailevaa tilastoanalyysia. Kvalitatiivisen tutkimuksen verkkokäsikirjan tilastollisen päättelyn (2021) kappaleen mukaan kuvaileva tilastoanalyysi pyrkii kuvailemaan ja tiivistämään määrällisen muuttujan jakaumaa tai useamman määrällisen muuttujan yhteisvaihtelua. Suoritusajan ja oikeinvastausprosenttien suhteen kiinnostus kohdistui siihen, miten ja mille vaihteluvälille arvot ovat jakautuneet.

Mallilla saatuja tuloksia tutkittiin ja havainnollistettiin laatikko-janakuviolla. Kvalitatiivisen tutkimuksen verkkokäsikirja graafinen esitys (2021) kappaleen mukaan laatikko-janakuviolla laatikko sisältää puolet havainnoista ja viiva laatikon sisällä kertoo arvojen mediaanin. Janat ulottuvat pääsääntöisesti ääriarvoihin. Laatikko-janakuviolla voidaan vertailla muuttujien jakaumia, niiden sijaintia, hajontaa ja se sopii erityisesti muuttujalle, joka saa paljon eri arvoja (Graafinen esitys, 2021). Tehtävän teosta syntyy erilaisia suoritusajoja ja oikeinvastausprosentteja sen mukaan, millaisen menettelytavan malli on luonut. Sen vuoksi suoritusajat ja oikeinvastausprosentit saavat paljon eri arvoja.

Laatikko-janakuvioiden ryhmitteleviä muuttujia voi olla useampia, jolloin voidaan tarkastella yhdysvaikutusta (Graafinen esitys, 2021). Simulaatioista tutkittiin, millainen yhdysvaikutus on taustamuuttujilla näytön koko ja kohina, näytön koko ja erilaiset tehtävät ja näytön koko ja muisti.

Tilastollisia testejä on tehty niiltä osin, missä on haluttu osoittaa, että muuttuja aiheuttaa eroja suoritusajoihin tai oikeinvastausprosenttiin. Simulaatioiden datasta tutkittiin mm. eroavatko suoritusajot ja oikeinvastausprosentit toisistaan näyttöjen kesken ja eroaako suoritusajot ja oikeinvastausprosentti kohinan määrä mukaan. Eroja testattiin sekä yksisuuntaisella että kaksisuuntaisella varianssianalyysillä. Kvalitatiivisen tutkimuksen verkkokäsikirja varianssianalyysi (2021) kappaleen mukaan varianssianalyysillä voidaan tutkia ovatko selittävien muuttujien keskiarvot tilastollisesti merkitsevästi erisuuret. Varianssianalyysin lähtöoletuksena on, että luokkien keskiarvot ovat yhtä suuret. Jos lähtöoletus kumoutuu, selitettävän muuttujan keskiarvojen välillä on eroja eri luokissa. (Varianssianalyysi, 2021).

Kaksisuuntaista varianssianalyysia käytettiin, kun selvitettiin vaikuttaako sekä näytön koko että kohina selitettävän muuttujan arvoihin tai vaikuttaako sekä näytön koko että tehtävä selitettävän muuttujan arvoihin. Kaksisuuntaisen varianssianalyysin tulokset kertovat onko kahdella selittävällä muuttujalla tilastollisesti merkitsevä vaikutus selitettävän muuttujan arvoihin sekä onko selittävillä muuttujilla yhteisvaikutusta (Varianssianalyysi, 2021).

5 TULOKSET

5.1 Simulaatio 1

Simulaatiossa 1 tutkittiin suoritusaikojen ja oikeinvastausaikojen eroja pienen ja ison näytön välillä. Simulaatiossa 1 tutkittiin myös kohinan ja järjestettävien kohteiden määrän vaikutusta suorittamisaikoihin ja oikeinvastausprosentteihin. Tässä simulaatiossa oli 123 havaintoa. Tulokset on jaettu suoritusajan ja oikeinvastausprosentin mukaan.

5.1.1 Tulokset suoritusajasta

Mallilla simuloidut tulokset osoittavat, että isolla näytöllä tehtävä suoritettiin keskiarvollisesti nopeammin ($M = 3.2$, $SD = 1.0$) verrattuna pieneen näyttöön ($M = 3.8$, $SD = .8$). Tämä keskiarvo ero on yksisuuntaisen varianssianalyysin mukaan ($F(1, 121) = 15.351$, $p < .050$, $\eta^2 = .138$) merkitsevä. Näytön koko selittää 13.8 % keskiarvoeroja.

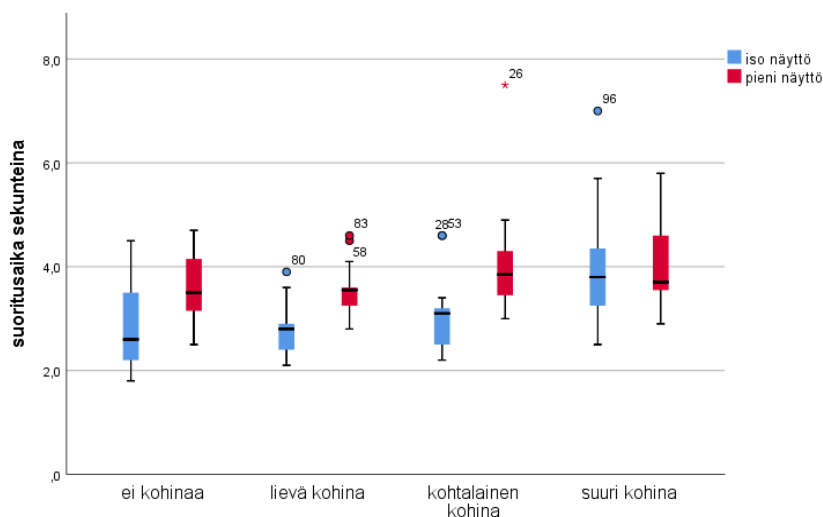
Kaksisuuntaisen varianssianalyysin mukaan kohinalla on merkitsevä vaikutus suoritus aikaan ($F(3,115) = 7.156$, $p < .05$, $\eta^2 = .164$). Kohina selittää 16.4 % keskiarvoerosta. Kaksisuuntaisesta varianssianalyysissä ei nähdä vuorovaikutusta näytön koon ja kohinan määrän välillä ($F(3,115) = 2.077$, $p > .05$, $\eta^2 = .051$). Kohinan vaikutus testattiin myös yksisuuntaisella varianssianalyysillä, jonka mukaan suoritusajan keskiarvot eroavat kohinan mukaan ($F(3,122) = 6.183$, $p < .05$, $\eta^2 = .056$). Yksinään kohina ei kuitenkaan selitä varianssista kuin vain 5.6 %. Taulukossa 4 TAULUKKO 4on esitetty simulaatio 1 keskiarvot ja keskihajonnat ilman kohinaa ja kohinan eri voimakkuuksilla.

	ISO NÄYTTÖ		PIENI NÄYTTÖ	
	N = 59		N = 64	
	M	SD	M	SD
EI KOHINAA	2.8	.9	3.6	.6
LIEVÄ KOHINA	2.8	.5	3.6	.5
KOHTALAINEN KOHINA	3.1	.7	4.1	1.1
SUURI KOHINA	4.0	1.2	4.1	.9
YHTEENSÄ	3.2	1.0	3.8	.8

TAULUKKO 4 Suoritusaikojen keskiarvot ja keskihajonnat näytöittäin kohinan mukaan

Taulukosta 4 nähdään, että tehtävien suoritus aika isommalla näytöllä oli kohinasta riippumatta aina matalampi kuin pienellä näytöllä. Kohinan lisääntyessä pieni näyttö kuroo suoritus aikaeroa umpeen. Mitä enemmän kohinaa, sitä jyrkemmin suoritus aika nousee ison näytön tapauksessa. Isolla näytöllä lievistä kohinasta suureen kohinaan suoritus aika nousee 43 %. Pienellä näytöllä lievistä kohinasta suureen kohinaan suoritus aika nousee vain 14 %. Ison ja pienen näytön eri kokoiset ryhmät voidaan selittää sillä, että malli ei pystynyt järkevissä ajassa löytämään sopivaa menettelytapaa eikä näitä tuloksia laskettu mukaan.

Kohinan vaikutus suoritus aikaan näytöittäin on havainnollistettu laatikkokuviossa 6.



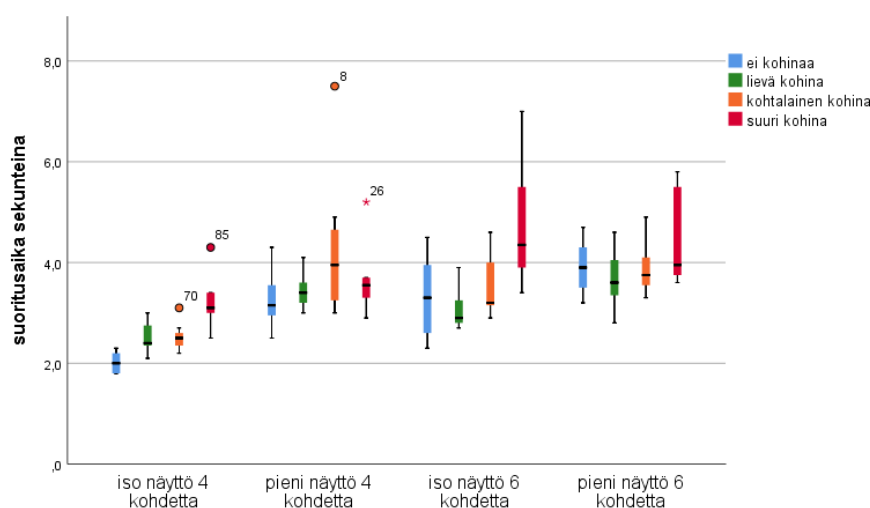
KUVIO 6 Suoritus aika kohinan mukaan näytöittäin

Kuviosta 6 nähdään että suoritus aika nousee kohinan kasvaessa molempien näyttöjen tapauksessa. Suoritus aika ison ja pienen näytön välillä lähentelee

samaa aikaa kohinan ollessa suuri. Huomattakoon, että suuri kohina aiheuttaa suoritusaikoihin enemmän hajontaa molempien näyttöjen tapauksissa. Muutampia outliereitä löytyy molempien näyttöjen tapauksissa, mutta enemmän niitä on isolla näytöllä kohinan ollessa läsnä.

Mallilla simuloitiin tehtävät, jossa tuli joko sijoittaa neljä tai kuusi luennoitsijaa konferenssipäivään. Tämä kuvastaa sitä, kuinka laaja tehtävä on. Neljä kohdetta suoritettiin isolla näytöllä ($M = 2.6$, $SD = .6$) nopeammin kuin pienellä näytöllä ($M = 3.7$, $SD = .9$). Myös kuusi kohdetta suoritettiin isolla näytöllä ($M = 3.7$, $SD = 1.0$) nopeammin kuin pienellä näytöllä ($M = 4.0$, $SD = .7$).

Kaksisuuntaisen varianssianalyysin mukaan näytön koolla ja järjestettävien kohteiden määrän välillä on vuorovaikutusta ($F(1,119) = 5.759$, $p < .05$, $\eta^2 = .046$) suoritus aikaan. 25.5 % varianssista johtuu näytön koosta ja järjestettävien kohteiden määrästä. Myös yksisuuntaisen varianssianalyysin mukaan järjestettävien kohteiden määrä vaikutti suoritus aikoihin ($F(1,121) = 15.528$, $p < .05$, $\eta^2 = .139$). Järjestettävien kohteiden määrä selittää 13.9 % varianssista. Suoritus aika näyttöittäin järjestettävien kohteiden määrän mukaan ja kohinan eri asteilla on havainnollistettu kuviolla 7.

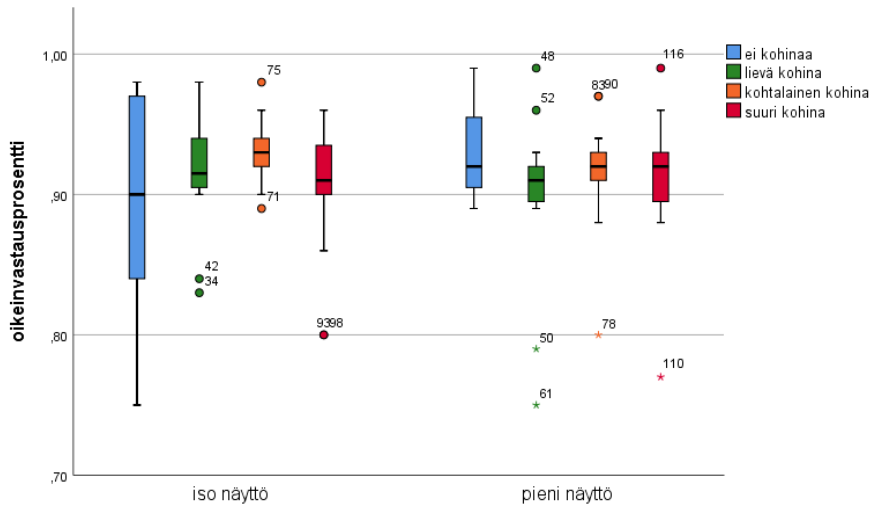


KUVIO 7 Suoritus aika näyttöittäin ja vertailtavien kohteiden määrän mukaan

Kuviosta 7 nähdään, että mitä enemmän järjestettäviä kohteita tehtävässä on, sitä kauemmin tehtävän suorittamiseen menee. Kohina vaikuttaa suoritus aikoihin näyttöittäin eri tavalla. Neljän kohteen tapauksessa isolla näytöllä kohina nostaa suoritus aikaa, kun taas pienellä näytöllä kohina aluksi nostaa suoritus aikaa, mutta suurimmalla kohinalla suoritus aika hieman laskee. Kuudella järjestettävällä kohteella suoritus aika näyttää nousevan molempien näyttöjen kesken samaan tapaan. Isolla näytöllä tehtävien suoritus aika nousi järjestettävien kohteiden noustessa neljästä kuuteen 42 % kun taas pienellä näytöllä järjestettävien kohteiden kasvu nosti suoritus aikaa vain 7 %.

5.1.2 Tulokset oikeinvastausprosentteista

Oikeinvastausprosentti oli isolla näytöllä ($M = .913$, $SD = .049$), keskimääräisesti sama kuin pienellä näytöllä ($M = .913$, $SD = .045$). Kaksisuuntaisen varianssianalyysin perusteella oikeinvastausprosentit eivät eronneet merkitsevästi näytön koon, kohinan tai järjestettävien kohteiden välillä eikä näiden muuttujien väliltä löytynyt yhteisvaikutuksia. Kohinan vaikutus oikeinvastausprosentteihin on havainnollistettu kuviossa 8.



KUVIO 8 Kohinan vaikutus oikeinvastausprosentteihin näyttöittäin

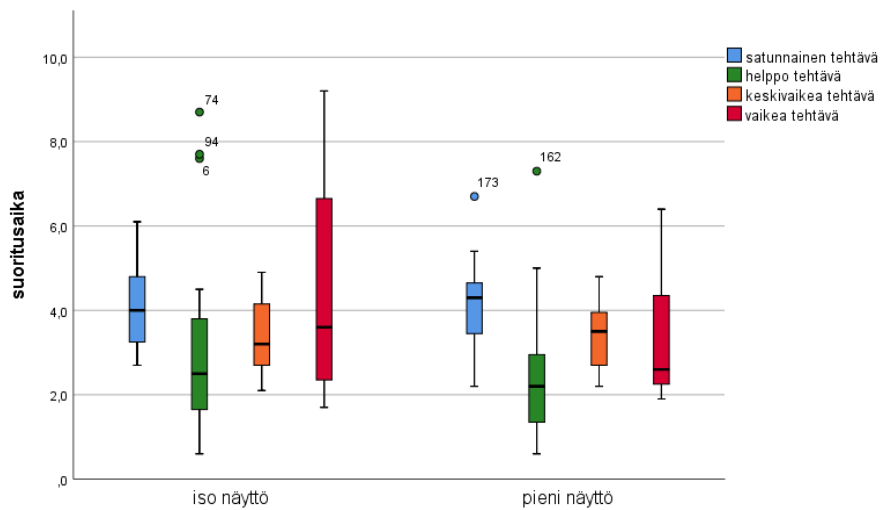
Kuviosta 8 nähdään, että ilman kohinaa isolla näytöllä oikeinvastausprosentti vaihtelee suuresti Pienen näytön tapauksessa vastausprosentti ei hajaannu läheskään yhtä isolle alueelle, kuin ison näytön tapauksessa. Kun kohina tulee mukaan, hajonta vähenee molempien näyttöjen tapauksessa. On kuitenkin huomioitavaa, että outliereitä on paljon ja niiden poisjäänti vaikuttaa hajontakuvion muotoon ja tulkintaan. Varsinkin pienen näytön tapauksessa on enemmän outliereitä, jolloin hajontakuviota voi näyttää kapeammalta.

5.2 Simulaatio 2

Simulaatiossa 2 tarkasteltiin, kuinka erilaiset tehtävät vaikuttivat suoritusaikaan ja oikeinvastausprosenttiin. Simulaatiossa 2 oli 192 havaintoa. Tehtävät oli luokiteltu helpoksi, keskivaikeaksi ja vaikeaksi. Satunnaisessa tehtävässä tehtävä valikoitui satunnaisesti näistä kolmesta tehtävästä. Molemmilla näytöillä näitä neljää tehtävää suoritettiin 24 kertaa ja näin ollen tehtäviä suoritettiin näyttöittäin yhteensä 96 kertaa. Simulaatiossa 2 kohina oli mukana lievänä, kohtalaisena ja suurena. Toisin kuin simulaatiossa 1, simulaatiossa 2 ei ollut havaintoja ilman kohinaa.

5.2.1 Tulokset suoritusajasta

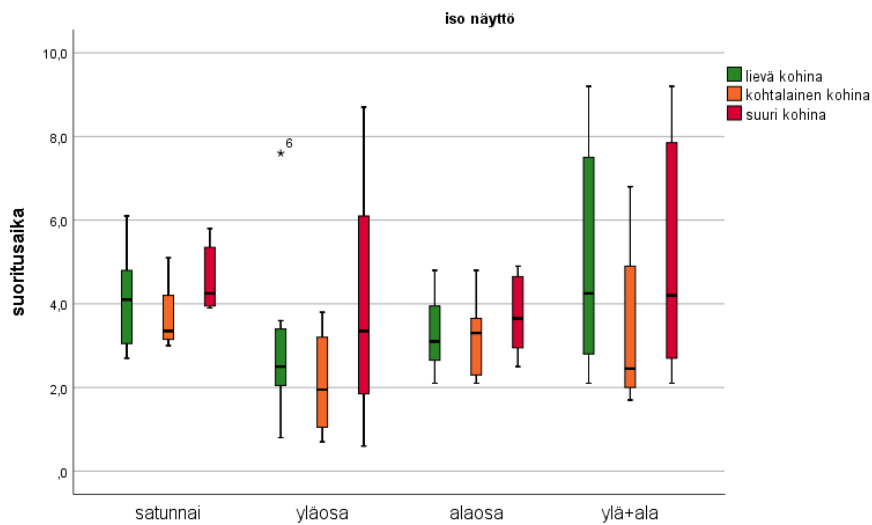
Yksisuuntaisella varianssianalyysillä testattuna näytön koolla oli vaikutusta suoritusaikoihin ($F(1,190) = 4.416, p < .05, \eta^2 = .004$). Kaksisuuntaisen varianssianalyysin perusteella näytön koolla on vaikutusta suoritusajaan ($F(1,168) = 4.527, p < .05, \eta^2 = .026$), mutta tehtävällä ei ole vaikutusta ($F(3,168) = 2.634, p > .05, \eta^2 = .045$). Myöskään kohinalla ei ole vaikutusta suoritusajaan ($F(2,168) = 2.816, p > .05, \eta^2 = .032$) kaksisuuntaisella varianssianalyysillä testattuna. Vuorovaikutusta ei siis nähdä näytön koon ja tehtävien eikä näytön koon ja kohinan välillä. Suoritus aika näytöittäin ja erilaisten tehtävien välillä on havainnollistettu kuviossa 9.



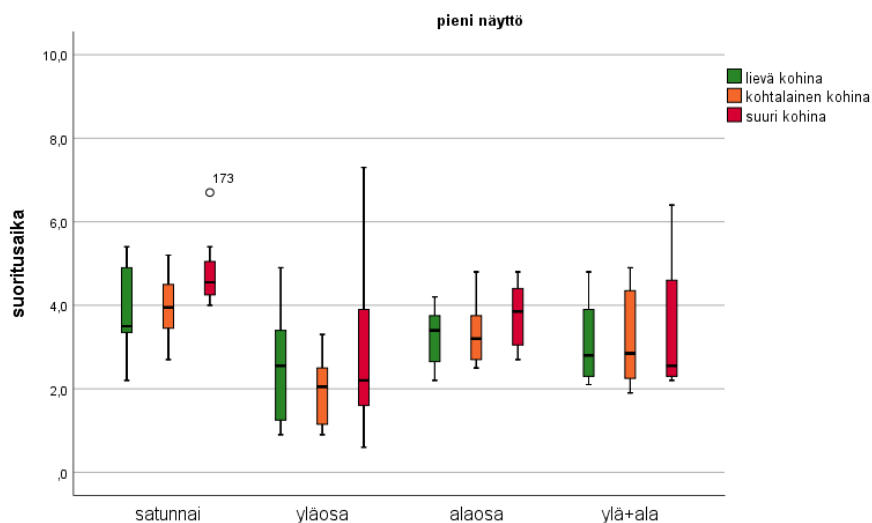
KUVIO 9 Suoritus aika erilaisten tehtävien kesken

Kuviosta 9 nähdään, että suoritusnopeus on alhaisin helpossa tehtävässä. Suoritus aika nousee keskivaikealla tehtävällä. Isolla näytöllä suoritus aika nousee vaikeassa tehtävässä, mutta pienellä näytöllä suoritus aika laskee. Isolla näytöllä suorittamisajassa on isompi hajonta kuin pienen näytön tapauksessa varsinkin vaikeassa tehtävässä. Isolla näytöllä havaitaan myös enemmän outliereitä.

Kohinalla oli vaikutus tehtävien suoritus aikaan. Eriasteisen kohinan vaikutus suoritus aikoihin isolla näytöllä on havainnollistettu kuviossa 10 ja sama kuvio pienen näytön tilanteesta on havainnollistettu kuviossa 11.



KUVIO 10 Kohinan vaikutus tehtävien suoritusajoihin isolla näytöllä



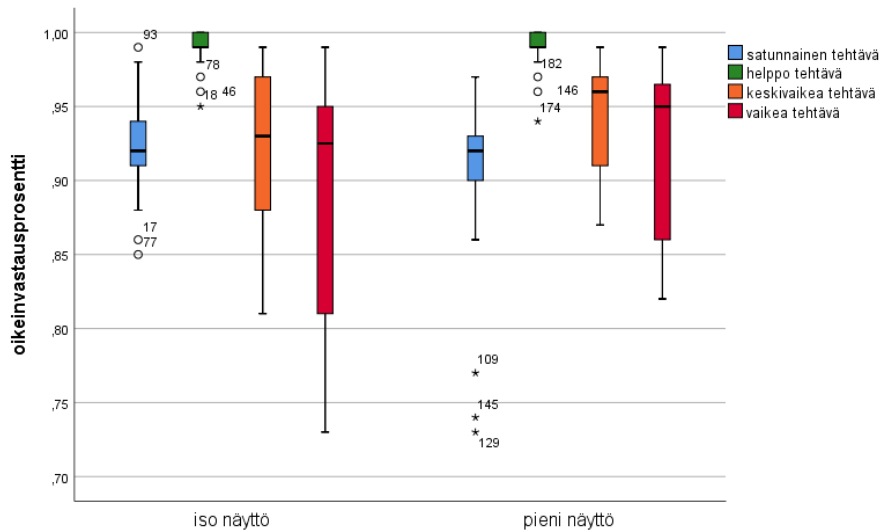
KUVIO 11 Kohinan vaikutus tehtävien suoritusajoihin pienellä näytöllä

Kuvioita 10 ja 11 vertailemalla nähdään, että isolla näytöllä tapahtuu paljon enemmän hajontaa vaikeassa tehtävässä. Suuri kohina vaikuttaa molempiin näyttöihin niin, että suoritusajoissa tapahtuu enemmän hajontaa erityisesti helppossa tehtävässä.

5.2.2 Tulokset oikeinvastausprosentista

Kaksisuuntaisella varianssianalyysillä testattuna tehtävällä oli vaikutus oikeinvastausprosenttiin ($F(3,184) = 9.880, p < .05, \eta^2 = .139$). Näytön koolla ei ollut vaikutusta oikeinvastausprosenttiin. Yksisuuntaisen varianssianalyysin perusteella oikeinvastausprosenttien keskiarvot erosivat tehtävien kesken ($F(3,188) = 10.046,$

$p < .05$) Oikeinvastausprosentit näytöittäin eri tehtävissä on havainnollistettu kuviossa 14.

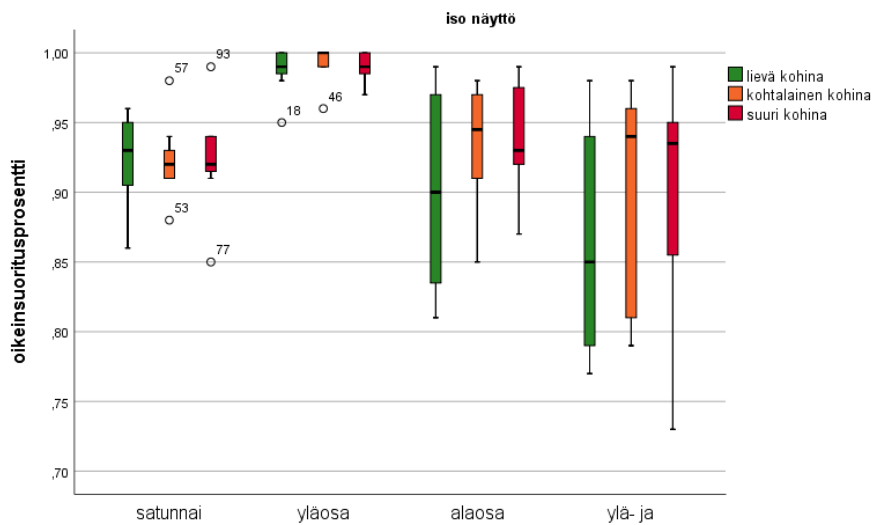


KUVIO 12 Oikeinvastausprosentti ison ja pienen näytön välillä tehtävittäin

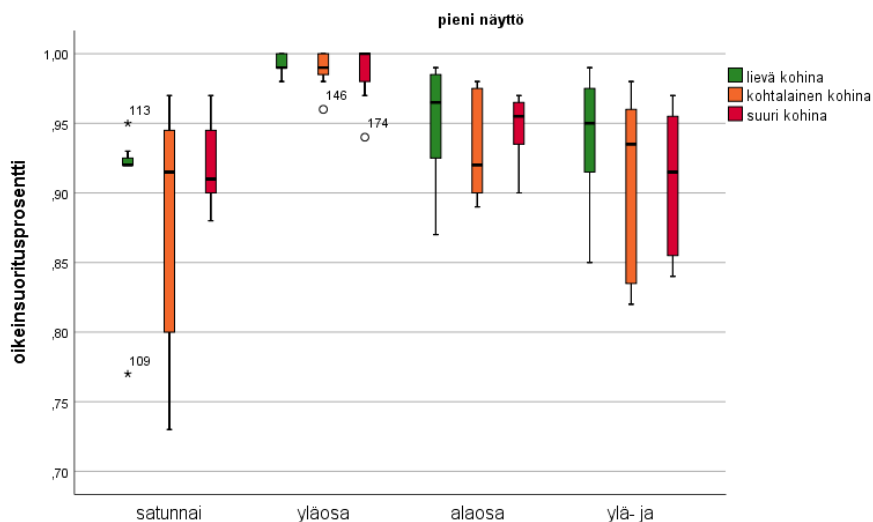
Kuviosta 12 nähdään, että keskivaikea tehtävä ja vaikea tehtävä suoritetaan vaihtelevilla oikeinvastausprosentilla. Kaikissa muissa tehtävissä on paljon hajontaa, paitsi helppossa tehtävässä. Helppo tehtävä saadaan suoritettua erittäin tarkasti ja hajontaa on vähän.

Eri tehtäville suoritettiin parittaisvertailu. Parittaisvertailussa käytettiin Bonferroni-korjausta. Post hoc -analyysin perusteella tilastollisesti merkitsevä ero oikeinvastausprosentteissa löytyi satunnaisen tehtävän ($M = .912$) ja helpon tehtävän ($M = .990$) välillä ($p < .05$), helpon tehtävän ja keskivaikean tehtävän ($M = .921$) välillä ($p < .05$) ja helpon tehtävän ja vaikean tehtävän ($M = .869$) välillä ($p < .05$).

Näytön koolla tai kohinalla ei yksinään ollut vaikutusta oikeinvastausprosentteihin. Näytön koolla ja kohinalla oli kuitenkin yhteisvaikutusta ($F(2,186) = 3.139, p < .050, \eta^2 = .033$). Näytön koko ja kohina selittävät 3.3% varianssista. Yksisuuntaisella varianssianalyysillä testattuna kohinalla ei kuitenkaan ollut vaikutusta oikeinvastausprosentteihin. Kohinan vaikutus tehtävien oikeinvastausprosentteihin isolla näytöllä on havainnollistettu kuviossa 13 ja pienellä näytöllä kuviossa 14.



KUVIO 13 Kohinan vaikutus tehtävien oikeinvastausprosentteihin isolla näytöllä



KUVIO 14 Kohinan vaikutus tehtävien oikeinvastausprosentteihin pienellä näytöllä

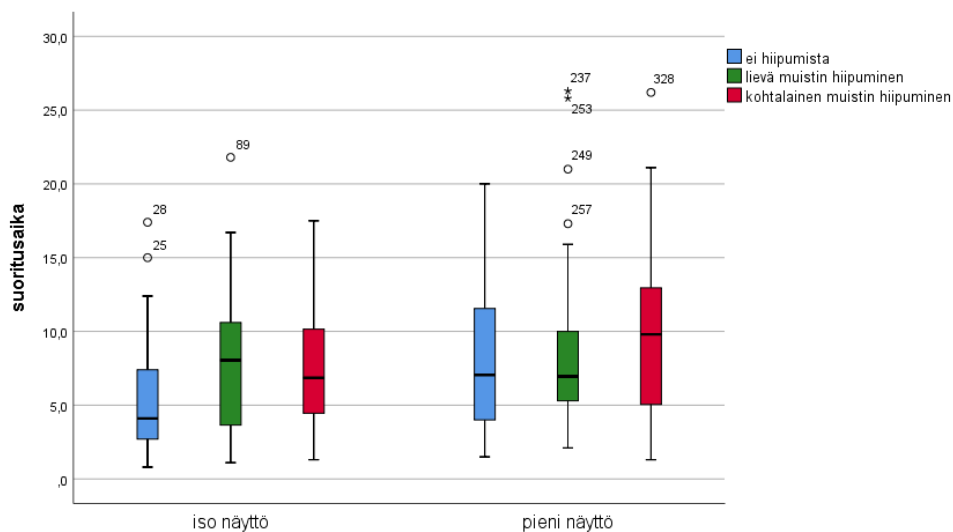
Kuvioista 13 ja 14 nähdään, että oikeinvastausprosentit olivat alhaisempia isolla näytöllä. Kohina näyttäisi vaikuttavan hyvin eri tavalla eri kokosiin näyttöihin ja eri tavalla myös tehtävän mukaan. Isolla näytöllä hajontaa ilmentyy keskivaikeassa tehtävässä sekä vaikeassa tehtävässä, kun taas pienellä näytöllä hajontaa on eniten satunnaisessa tehtävässä kohtalaisella kohinalla sekä vaikeassa tehtävässä.

5.3 Simulaatio 3

Simulaatiossa 3 tarkasteltiin, kuinka muistin hiipuminen ja aikapaine vaikuttivat tehtävän suoritusajkaan ja oikeinvastausprosenttiin. Simulaatiossa 3 oli 328 havaintoa. Muisti joko ei ollut mukana tai muisti hiipui lievästi tai kohtalaisesti. Tässä datassa kohina oli säädetty lieväksi kaikissa havainnoissa. Simulaatiossa 3 oli mukana myös erilaiset tehtävät, kuten simulaatiossa 2.

5.3.1 Tulokset suoritusajasta

Kaksisuuntaisella varianssianalyysillä testattuna näytön koolla ($F(1,322) = 13.801$, $p < .05$, $\eta^2 = .041$) ja muistilla ($F(2,322) = 6.423$, $p < .05$, $\eta^2 = .038$) on vaikutus suoritusajkaan. Koolla ja muistilla ei kuitenkaan havaita yhteisvaikutusta ($F(2,322) = 1.279$, $p > .05$, $\eta^2 = .008$). Yksisuuntaisella varianssianalyysillä testattuna suoritusajat eroavat näytön koon mukaan ($F(1,326) = 13.250$, $p < .05$, $\eta^2 = .002$) ja muistin mukaan ($F(2,325) = 5.994$, $p < .05$, $\eta^2 = .000$). Muistin hiipumisen vaikutus suoritusajkaan on havainnollistettu kuviossa 15.



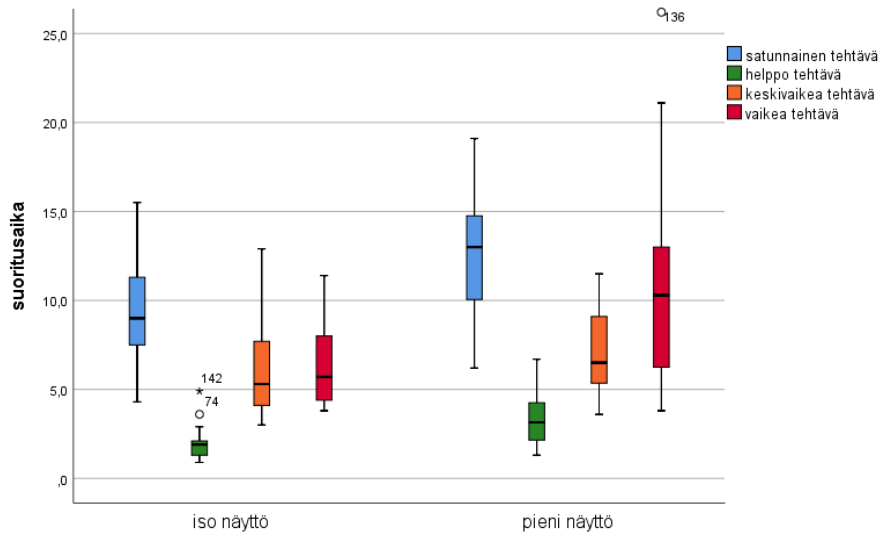
KUVIO 15 Muistin hiipumisen vaikutus suoritusajkaan näytöittäin

Kuviosta 15 nähdään, että mitä nopeammin unohdetaan, sitä hitaampaa tehtävän teko on pienellä näytöllä. Isolla näytöllä suoritusajaka nousee lievällä muistin hiipumisella, mutta kohtalainen hiipuminen ei enää juurikaan nosta suoritusajaka.

Muistin asteille suoritettiin parittaisvertailu. Parittaisvertailussa käytettiin Bonferroni-korjausta. Post hoc -analyysin perusteella tilastollisesti merkitsevä ero suoritusajoissa löytyi ilman hiipumista ($M = 6.4$) ja lievän hiipumisen ($M = 8.2$) välillä ($p < .05$) ja ilman hiipumista ja kohtalaisen hiipumisen ($M = 8.5$) välillä ($p < .05$).

Kaksisuuntaisen varianssianalyysin perusteella myös tehtävällä oli vaikutusta suoritusajoihin ($F(3,320) = 131.352$, $p < .05$, $\eta^2 = .552$). Näytön koon ja

tehtävien välillä oli myös vuorovaikutusta ($F(3,320) = 3.327, p < .05, \eta^2 = .030$). Yksisuuntaisella varianssianalyysillä testattuna suoritusajat eroavat tehtävien mukaan ($F(3,324) = 116.449, p < .05, \eta^2 = .014$). Tehtävän vaikutus suoritusajaan näytön kokojen välillä on havainnollistettu kuviossa 16.



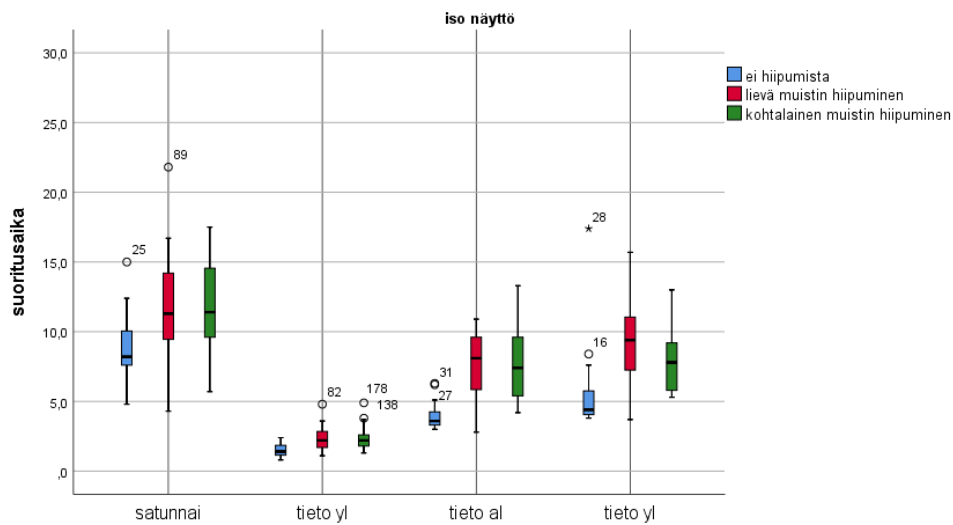
KUVIO 16 Tehtävän vaikutus suoritusajaan näytöittäin

Kuviosta 16 havaitaan, että satunnainen tehtävä ja vaikea tehtävä suoritettiin hitaammin pienellä näytöllä. Keskiarvoja vertailemalla nähdään, että kaikki tehtävät tehdään hitaammin pienellä näytöllä, mutta ero on hankala nähdä kuviosta. Taulukossa 5 on esitetty simulaatio 3 keskiarvot ja keskihajonnat näytöittäin ja tehtävittäin.

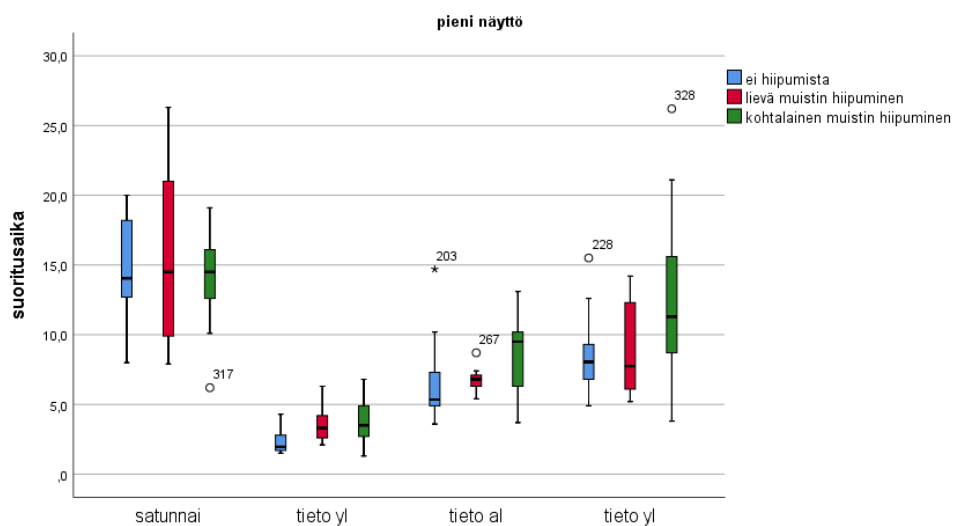
TAULUKKO 5 Keskiarvot ja keskihajonnat näytöittäin ja tehtävittäin

	ISO NÄYTTÖ		PIENI NÄYTTÖ	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
	<i>N</i> = 45		<i>N</i> = 37	
SATUNNAINEN TEHTÄVÄ	10.9	3.8	14.6	4.6
HELPPO TEHTÄVÄ	2.1	1.0	3.2	1.4
KESKIVAIKEA TEHTÄVÄ	6.5	2.8	7.3	2.6
VAIKEA TEHTÄVÄ	7.8	3.4	10.1	4.8
YHTEENSÄ	6.8	4.3	8.8	5.5

Muistin vaikutus tehtävien suoritusajaan näyttöjen välillä on havainnollistettu kuvioissa 17 ja 18.



KUVIO 17 Muistin vaikutus tehtävien suoritus aikaan isolla näytöllä

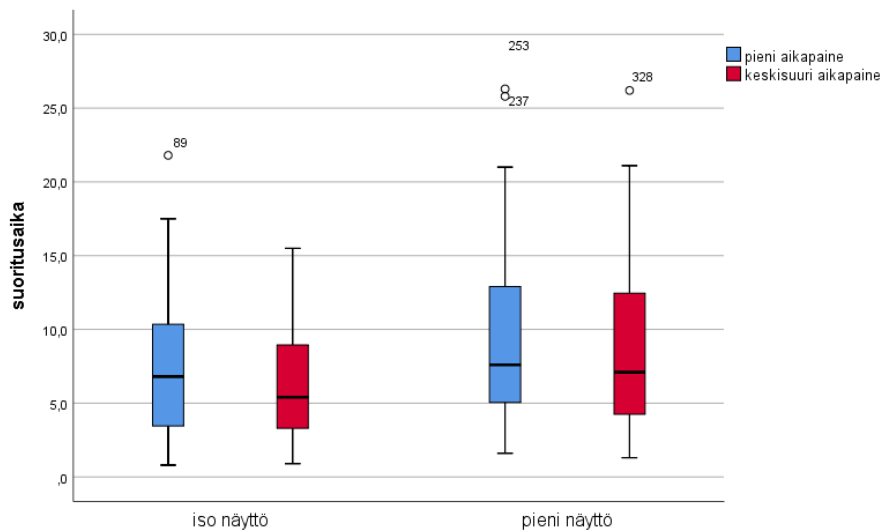


KUVIO 18 Muistin vaikutus tehtävien suoritus aikaan pienellä näytöllä

Kuvioista 17 ja 18 nähdään, että muistin hiipuminen aiheuttaa pienellä näytöllä enemmän hajontaa suoritus aikoihin kuin isolla näytöllä. Muistin hiipuminen näyttää nostavat suoritus aikoja molemmilla näytöillä, mutta pienellä näytöllä muisti hiipuminen näyttää nostavan suoritus aikaa erityisesti vaikeassa tehtävässä. Isolla näytöllä suoritus aika kyseisessä tehtävässä jopa laskee muistin hiipumisen ollessa kohtalainen.

Kaksisuuntaisen varianssianalyysin perusteella aikapaine vaikuttaa suoritus aikaa ($F(1,324) = 4.243, p < .05, \eta^2 = .013$). Näytön koolla ja aikapaineella ei kuitenkaan ole yhteisvaikutusta. Yksisuuntaisella varianssianalyysillä testattuna suoritus aika ei eroa aikapaineen mukaan ($F(1,326) = 3.339, p > .05, \eta^2 = .000$)

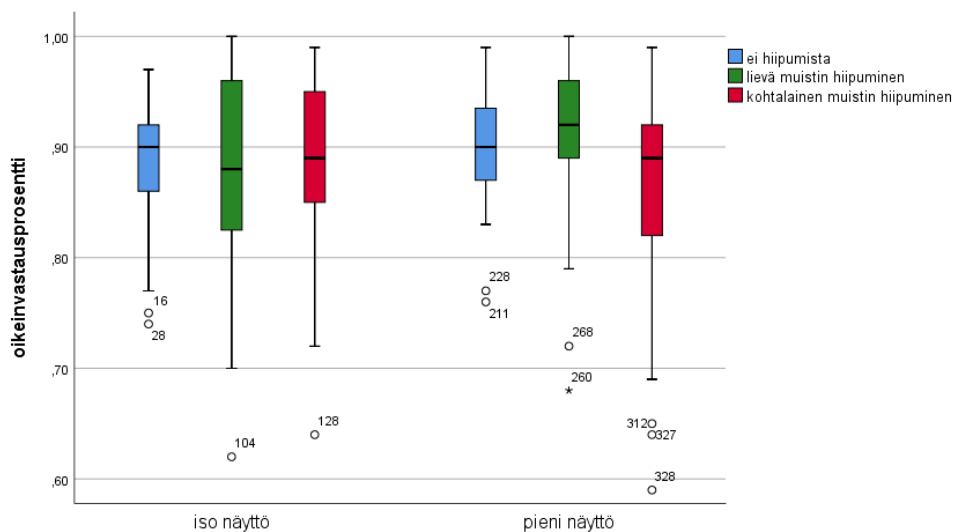
Aikapaine nopeuttaa tehtävien tekoa molemmilla näytöillä. Aikapaineen vaikutus suoritusajkaan on havainnollistettu kuviossa 19.



KUVIO 19 Aikapaineen vaikutus suoritusajkaan näytöittäin

5.3.2 Tulokset oikeinvastausprosentista

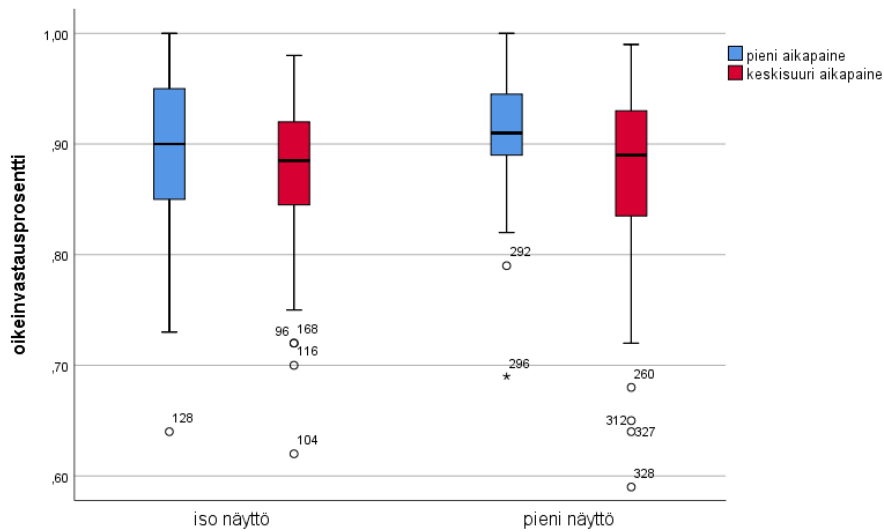
Kaksisuuntaisen varianssianalyysin perusteella näytön koko tai muistin hiipuminen eivät vaikuttaneet oikeinvastausprosentteihin yksinään. Oikeinvastausprosentteihin vaikutti kuitenkin näytön koko ja muisti yhdessä ($F(2,322) = 5.507, p < .05, \eta^2 = .033$). Yksisuuntaisella varianssianalyysillä testattuna oikeinvastausprosentti ei eroa näytön koon ($F(1,325) = .127, p > .05$) eikä myöskään muistin hiipumisen mukaan ($F(2,325) = 1.809, p > .05$). Muistin vaikutus oikeinvastausprosentteihin näytöittäin on havainnollistettu kuviossa 20.



KUVIO 20 Muistin vaikutus oikeinvastausprosentteihin näytöittäin

Kuviosta 20 nähdään, että oikeinvastausprosenttien hajonta oli suurempaa muistin haipumisen johdosta. Isolla näytöllä lievä muistin hiipuminen laski oikeinvastausprosenttia, kun taas kohtalainen hiipuminen paransi prosenttia lievistä haipumisesta. Pienellä näytöllä lievä hiipuminen paransi oikeinvastausprosenttia, kun taas kohtalainen hiipuminen laski oikeinvastausprosenttia.

Kaksisuuntaisen varianssianalyysin perusteella aikapaineella oli vaikutusta oikeinvastausprosenttiin itsekseen ($F(1,324) = 9.438, p < .05, \eta^2 = .028$). Aikapaineen vaikutus oikeinvastausprosentteihin näytöittäin on havainnollistettu kuviossa 21.



KUVIO 21 Aikapaineen vaikutus oikeinvastausprosenttiin näyttöjen välillä

Kuviosta 21 nähdään, että oikeinvastausprosentit laskevat aikapaineen kiristytessä. Oikeinvastausprosentit laskivat isolla näytöllä 2 % ja pienellä näytöllä 4 %. Suurempi aikapaine vaikuttaa pienellä näytöllä vastaustarkkuuteen enemmän kuin isolla näytöllä.

6 POHDINTA

Tutkimuksen tulokset osoittivat, että tiedonhaku- ja päätöksentekotehtävän suorittaminen on yleensä hitaampaa pienellä näytöllä. Mallinnettavassa tehtävässä isoa näyttöä kuvasti kokonainen tietomatriisi ja pientä näyttöä edusti sama tietomatriisi, joka oli jaettu kahdelle eri välilehdelle. Kahdelta eri välilehdeltä ei pystytä hakemaan tietoa ja suorittamaan päätöksiä niin nopeasti, kuin yhdeltä välilehdeltä. Tutkimustulosta voisi selittää aiemmalla tiedolla, jonka mukaan parempi kognitiivinen kokonaiskuva saadaan, kun kaikki tieto on kerrallaan nähtävissä (Schlick ym., 2009).

Kohina vaikutti isoon näyttöön voimakkaammin, kuin pieneen näyttöön. Selitys, miksi kohina vaikuttaa isoon näyttöön enemmän jää mysteeriksi. Ehkä etsittävien ja koodattavien kohteiden määrä kerralla on selittävä tekijä. Jos kohina häiritsee kohdeisiin osumista ja koodaamista, vähempi määrä koodattavia kohteita kerralla voi olla nopeampi käsitellä, kuin paljon tietoa yhdellä näkymällä.

Tehtävän vaikeudella oli vaikutusta suoritusajoihin. Helppo tehtävä saatiin suoritettu molemmilla näytöillä nopeasti ja tarkasti. Vaikean tehtävän kohdalla suoritusajat erosivat eniten. Vaikean tehtävän suoritusajoissa oli ristiriitaa eri simulaatioiden kesken. Simulaatiossa 2 pienellä näytöllä vaikea tehtävä suoritettiin nopeammin kuin isolla näytöllä, kun taas simulaatiossa 3 tulos oli päinvastainen. Vakioimalla kohinan määrä nähtiin, että vaikea tehtävä nosti suoritus-aikaa voimakkaammin pienellä näytöllä.

Oikeinvastausprosentit muuttuivat merkitsevästi vain tehtävän mukaan ja aikapaineen vaikutuksesta. Näytön koko, kohina tai muisti eivät yksinään vaikuttaneet oikeinvastausprosentteihin. Oikeinvastausprosentit eivät luultavasti vaihdelleet siksi, että oikeinvastaamisesta saa enemmän palkkiota, kuin hitaasta suorituksesta saa sanktioita. Mallin datassa ei havaittu muita tilanteita, joissa se olisi laskenut vastaustarkkuutta ja sitä kautta olisi saavuttanut alhaisempia suoritusajoja, kuin aikapaineen vaikutuksesta. Oikeinvastausprosentit vaihtelivat tehtävien mukaan, josta voidaan tulkita, että tehtävät ovat eritasoisia vaikeudeltaan. Helppo tehtävä suoritettiin korkealla tarkkuudella ja matalalla suoritusajalla molempien näyttöjen kesken. Keskivaikea tehtävä myös suoritettiin hyvin

samaan tapaan molempien näytön kokojen kesken, mutta vaikeassa tehtävässä nähtiin eniten ero suoritusajoissa ja tarkkuudessa.

Simulaatiossa 3 nähtiin aikapaineen vaikuttavan oikeinvastausprosentteihin. Kun aikapaine nousi, oikeinvastausprosentti laski. Tulokset osoittivat myös, että aikapaine nopeuttaa tehtävien tekoa molemmilla näytöillä. Hieman enemmän aikapaine vaikutti pienen näytön vastaustarkkuuteen laskien sitä 4 %, kun taas isolla näytöllä aikapaineen nousu laski oikeinvastausprosenttia 2 %. Tulos on samankaltainen, kuin Hancockin ja kumppaneiden (2015) suorittamassa tutkimuksessa, jossa aikapaine laski vastaustarkkuutta ja vähensi suoritusaikaa. Kun tehtävä suoritetaan tiukassa aikapaineessa, silloin ei käytetä tiedon keräämiseen niin paljon aikaa ja tuloksena on matalampi vastaustarkkuus. Malli yrittää mukautua tehtävässä parhaansa mukaan niissä olosuhteissa, jotka tehtävää suoritettaessa on.

Simulaatiossa 1 kohinalla oli suoritusajoja nostava vaikutus molempien näyttöjen tapauksessa. Tulosten mukaan pieni näyttö ei ole niin altis kohinalle kuin iso näyttö. Mitä enemmän kohinaa oli mukana, sitä lähempänä suoritusajat alkoivat olla näyttöjen kesken. Jos kohinan määrä oli suurta, isolla näytöllä ei enää saavuteta ajallista säästöä. Voi jopa olla, että tehtävä kannattaa suorittaa pienellä näytöllä silloin, kun kohina on suurta.

Mallissa oleva kohina voi symboloida montaa eri asiaa. Kohina voi liittyä suorittajan näkökykyyn ja silmien motoriseen toimintaan. Kohinan vaikeuttaessa silmien liikkeisiin ja koodaamista, tiedonhaku pienemmissä yksiköissä voi olla edullista. Isolla näytöllä kohinan vaikutusta voitaisiin mahdollisesti vähentää jakamalla tietoa useammalle välilehdille tai jakamalla ison näytön näkymässä oleva tieto kahdelle samaan aikaan näkyvälle välilehdelle (split-screen). Jaetun näytön näkymässä tosin alkuperäinen näkymä pienentyy ja visuaalinen tiheys kasvaa, jolloin visuaaliseen hakuun voi tulla lisäkustannuksia.

Simulaatiossa 2 tiedonhaku- ja päätöksentekotehtävän suoritusajaksi ei ollut vaikutusta tehtävällä. Suoritusajojen muutokset näytön kokojen välillä tehtävittäin muuttui samantapaisesti. Simulaatiosta 2 kohina vaikutti enemmän isolla näytöllä vaikeaan tehtävään aiheuttaen paljon hajontaa tehtävän suoritusajoihin. Isolla näytöllä vaikea tehtävä suoritettiin hitaammin kuin pienellä näytöllä. Jälleen kohina vaikeuttaa tehtävän suorittamista isolla näytöllä enemmän kuin pienellä näytöllä ja selviten sen huomasi vaikeassa tehtävässä. Muut tehtävät saatiin suoritettua nopeammin isolla näytöllä. Simulaatio 2 tulokset eivät tukenneet havaintoa, että tehtävän suoritus olisi hitaampaa pienellä näytöllä silloin, kun tehtävä on monimutkainen.

Tulokset siitä saadaanko vaikea tehtävä suoritettua nopeammin isolla näytöllä, olivat ristiriitaiset simulaatioiden kesken. Simulaatiossa 2 tämä oletukseltaan vaikea tehtävä suoritettiin nopeammin pienellä näytöllä, kun taas simulaatiossa 3 hankalan tehtävän suoritusajaksi oli korkeampi pienellä näytöllä. Simulaatiossa 2 kohina oli mukana eri voimakkuuksilla, joka saattoi peittää oletetut efektin. Simulaatiossa 3 kohinan voimakkuus oli kaikissa havainnoissa lievä, jolloin efekti tuli esille. Oletuksena oli, että vaikea tehtävä olisi selvästi hitaampi suoritettua pienellä näytöllä, koska pienellä näytöllä on etsittävä ja koodattava

tietoa kahdelta välilehdeltä, jonka jälkeen vasta voi tehdä päätöksen. Pienellä näytöllä oli selvästi hitaampi suorittaa vaikea tehtävä, kuin isolla näytöllä. Se, johtuuko hitaampi suoritus vuorovaikutuksesta eli välilehtien välillä siirtymisestä, ei selviä tuloksista.

Simulaatiossa 2 havaittiin, että näytön koolla kohinan kanssa oli yhteisvaikutusta oikeinvastausprosenttiin. Eri tehtävien mukaan jaoteltuna, kohina näyttää tuovan oikeinvastausprosentteihin isompaa hajontaa ison näytön kohdalla. Lieväkin kohina näyttäisi vaikuttavan isolla näytöllä suoritettujen tehtävien oikeinvastausprosentteihin laskevasti. Kohina näyttää jälleen vaikuttavan isoon näyttöön enemmän kuin pieneen näyttöön.

Simulaatiossa 3 näytön koko ja muisti vaikuttavat tiedonhaku- ja päätöksentekotehtävän suoritusajaksi, mutta yhteisvaikutusta niillä ei ollut. Tuloksena oli, että mitä enemmän muisti hiipuu, sitä hitaammin tehtävä saadaan suoritettua. Isolla näytöllä suoritusajaksi nousi lievällä muistin hiipumisella enemmän kuin kohtalaisella hiipumisella. Pienellä näytöllä taasen lievä hiipuminen ei juurikaan nostanut suoritusajaksi tilanneessa, jossa muistin vaikutusta ei ollut mukana, mutta kohtalainen hiipuminen nosti suoritusajaksi. Tulokset osoittavat, että muistin heiketessä isommasta näytöstä on hyötyä tehtävien suorittamisessa. Muistin hiipuminen nousu ei juurikaan nosta suoritusajaksi isolla näytöllä, mutta pienellä näytöllä nostaa. Tämä tutkimustulos voisi kertoa siitä, että pienellä näytöllä muisti kuormittuu enemmän ja se näkyy kohonneena suoritusajaksi. Tulos voisi olla linjassaan Nielsenin (2011) huomion kanssa, että muisti kuormittuu enemmän pienellä näytöllä.

Kokonaisuudessaan oikeinvastausprosentit ei kovin paljon muuttunut eri simulaatioissa. Vain simulaatiossa 3 nähtiin aikapaineen vaikuttavan oikeinvastausprosentteihin. Aikapaine näyttää nopeuttavan vastaamista ja samalla laskevan oikeinvastausprosenttia molemmilla näytöillä. Tämä tulos tukee Hancock ja kumppanit (2015) tutkimuksen tuloksia, joissa todettiin aikapaineen laskevan vastaustarkkuutta.

Simulaatiossa 3 nähtiin, että aikapaineen nousu vaikeassa tehtävässä hidasti suoritusajaksi pienellä näytöllä enemmän kuin isolla. Tämä tutkimustulos on linjassaan aiemman empiirisen tutkimustuloksen kanssa, jossa aikapaine ja monimutkainen tehtävä yhdessä näytön koon kanssa aiheuttavat tehottomampaa suoriutumista pienellä näytöllä (Hancock ym., 2015).

6.1 Tuloksien merkitys

Yhä enemmän pystymme suorittamaan tabletilla ja älykännykällä sellaisia tehtäviä, jotka vielä 10 vuotta sitten oli vain pöytäkoneella suoritettavia. Internetin selaaminen ja tiedonetsintä onnistuu pieneltä älypuhelimien näytöltä melko vaivattomasti, mutta esim. sähköpostiin tulleen laskun maksaminen verkkopankissa tarvitsee jo enemmän siirtymistä applikaatioiden/näkymien välillä tehden tehtävän suorittamisen aikaa vieväksi ja muistia kuormittavaksi.

Mitä vähemmän tilaa on käytössä, sitä vähemmän tietoa voidaan kerralla esittää. Pienillä näytöillä tietoa on esitettävä osissa ja osasten välillä on liikuttava ja samalla on pidettävä mielessä mitä edellisessä osassa oli ja missä kohtaa tietokokonaisuudessa sijaitsee. Pienellä näytöllä tiedon näkyville saaminen vaatii enemmän motorista vuorovaikutusta, joka voi hidastaa tiedonhakuja. Muistijäljen hiipuminen on sidoksissa aikaan, joten pidempi suoritus-aika voi vaikuttaa muistiin negatiivisesti.

Tämän tutkimuksen tuloksia voidaan hyödyntää suunniteltaessa, käyttöliittymiä eri kokoisille laitteille. Tutkimuksessa nähdään, kuinka tehtävän kanalta olennaisen tiedon sijainti voi vaikuttaa suoritus-aikaan ja oikeinvastausprosenttiin. Tiedonhaku- ja päätöksentekotehtävä voidaan suorittaa nopeammin, kun kaikki tarvittava tieto on näkyvillä yhtä aikaa. Jos tieto on jaettu eri näkymiin, sen haku on hitaampaa. Jos silmien liikkeissä ja tiedon koodaamisessa on ongelmia, isolla näytöllä tehtävän suorittaminen hidastui voimakkaammin, kuin pienellä näytöllä. Kohinan vallitessa tietoa kannattaa olla vähemmän näkymällä kerrallaan, jotta suorittamisnopeus ei kärsisi. Tällöin myös pienen näytön käyttö olisi perusteltua. Isolla näytöllä tietoa kannattaa jakaa pienempiin yksiköihin, jos kohina on suurta. Tietoa voisi jakaa pienempiin yksiköihin esimerkiksi jakamalla tietoa eri välilehdille tai käyttämällä jaetun näytön näkymää.

Olisiko näkökyvyn heiketessä pieni näyttö tehokkaampi tämän kaltaista tehtävää suorittaessa? Voisiko mahdollisesti ikänäöstä kärsivä ikääntyvä väestö hyötyä siitä, että tietoa esitetään pienemmissä yksiköissä? Näkökyvyn ja kognitiivisten prosessien alentuessa suoritusnopeus ei välttämättä laskisi niin paljon pienellä näytöllä toimiessa. Toisaalta pienellä näytöllä työmuisti kuormittuu enemmän ja iän mukanaan tuoma muistin heikkeneminen voi sittenkin tarvita enemmän tukea isosta näytöstä.

Tutkimus osoittaa, että käyttöliittymän ulkoasulla on vaikutusta siihen, kuinka ihminen suorittaa tiedonhakuja ja tekee päätöksiä. Erilainen käyttöliittymä antaa ihmiselle rajat, joiden sisällä hän voi toimia. Jos käyttöliittymä on ahdas, visuaalinen haku voi kestää kauemmin ja sitä kautta tehtävässä tarvittavan tiedon kerääminen voi olla hitaampaan. Jos tehtävässä tarvittava tieto on jaettu usealle näkymälle, voi informaation tiheys näkymällä olla matalampi, jolloin visuaalinen haku on nopeampaa. Toisaalta, jos haku on suoritettava molempiin näkymiin, niin kokonaissuoritus-aika voi olla pidempi. Jos eri näkymiltä tiedon kerääminen on hidasta, tehtävän suorittaminen voi vaatia enemmän muistia, jotta tarkkuus ei kärsi.

Tässä tutkimuksessa käytettyä mallia voidaan hyödyntää erilaisissa päätöksentekotehtävissä, joissa tulee suorittaa tiedonhakuja päätöksenteon tueksi. Mallilla voidaan tallaisenaan ennustaa sitä, kuinka ihminen tekee valintoja keräämänsä tiedon perusteella, kun tieto on järjestetty eri välilehtiin. Mallilla voisi tutkia, miten suoritus-aika ja tarkkuus muuttuu, kun välilehdet entisestään kasvaa tai tilannetta, jossa matriisi on jaettu yhdellä näytöllä useampaan kokonaisuuteen (split-screen).

6.2 Mallinnus datan luotettavuus ja rajoitukset

Tämän tutkimuksen data on saatu valmiista mallista, jota muokattiin tähän tutkimukseen sopivaksi. Mallinnuksessa mallintajalla on osuutensa mallin rakentamisessa, parametrien asettamisessa ja siten myös siinä, kuinka malli lopulta toimii. Laskennallisen rationaalisuuden malleissa mallin menettelytapaa ei määritä mallintaja (Oulasvirta ym., 2022). Tämä ennalta määriteltyjen toimintasarjojen määrittämisen poisjäänti vähentää mallintajan osuutta luotettavuustekijänä ja siten myös datan luotettavuus ei johdu mallista.

Mallilla saadun datan yleistämisestä oikeaan ihmisdataan voidaan myös kyseenalaistaa. Miten voidaan ajatella, että jokin keinotekoinen malli voisi kuvailla, kuinka oikea ihminen toimii? Mallilla tuotetut suoritusajat ja oikeinvastausprosentit ovat muodostuneet laskutoimituksista, jotka ovat kognitiotieteellisesti perusteltuja. Esimerkiksi silmänliikearkkitehtuuri EMMA on syntynyt visuaalisen haun lainalaisuuksista ja sen toimintaa on testattu ja validoitu ihmisdatalla (Salvucci, 2001). Näin ollen voidaan sanoa, että mallin antama data ei ole tuulesta temmattua, vaan pätevästi muodostunut.

Mallit kannatti luoda pitäen silmällä ihmisdataa ja saada ne aikaisessa vaiheessa toimimaan ihmismäisesti. Saatiinko malli siis toimimaan samaan tapaan, kuin innoittajana olleessa tutkimuksessa? Sanchezin ja Branaghanin (2011) tutkimuksessa pienen ja ison näytön suoritusajassa oli n. 15 % ero. Simulaatiossa 1 suoritusajojen ero oli n. 20 %. Simulaatiossa 2 pienen ja ison näytön suoritusajoissa oli 18 % ero ja simulaatiossa 3 ero oli 28 %. Ero ilman kohinaa ja lievällä kohinalla oli noin 27 %, kun taas keskisuurella kohinalla ero oli 33 % ja suurella kohinalla enää 0,4 %.

Kohinan määrä säätämällä saatettaisiin saavuttaa tasapaino, jossa suoritusajojen ero eri näytöjen välillä olisi 15 %- luokkaa. Myös oikeinvastaustarkkuuden tavoitetta säätämällä voidaan vaikuttaa suoritusajoihin. Toisaalta mallin antamat tulokset antavat jo näin lisätietoa siitä, kuinka ihminen mukautuu suorittamaan tehtävän eri kokoisilla näytöillä ja onko näytön koolla vaikutusta tehtävän suorittamiseen.

Oikeinvastausprosentit eivät olleen samansuuntaiset kuin Sanchezin ja Branaghanin (2011) tutkimuksessa. Heidän tutkimuksessaan isolla näytöllä vastattiin merkittävästi enemmän oikein, kuin pienellä näytöllä. Ero oli noin 10 %. Mallin tuottaman datan mukaan molemmilla näytöillä vastattiin yhtä paljon oikein. Ilman kohinaa ja suurella kohinalla pienellä näytöllä suoriuduttiin paremmin, mutta lievällä ja keskisuurella kohinalla isolla näytöllä vastattiin prosentuaalisesti enemmän oikein. Jos kyseistä mallia aiotaan hyödyntää jatkossa, tulisi sen antamat tulokset validoida ihmisdatalla.

On hyvä tiedostaa, että pientä näyttöä käytetään yleensä erilaisessa ympäristössä kuin pöytäkoneetta sen korkean mobiliteetin vuoksi. Pieni näyttö voi käyttökontekstinsa vuoksi olla alttiimpi ulkoisille tekijöille, jotka voivat vaikuttaa tehtävässä suoriutumiseen. Aiemman tutkimusten mukaan mobiilikäyttäjien tarkkaavaisuus on hajanaisempaa kuin pöytäkoneen käyttäjällä (Oulasvirta ym.,

2005) ja siten tehtävien suorittaminen ei vastaa sitä todellisuutta, missä laitteita yleensä käytetään. Tämän tutkimuksen tuloksia ei näin ollen voi yleistää oikeaan käyttökontekstiin, vaan ne pikemminkin kuvaavan laboratoriomaisia olosuhteita. Mallinnuksessa ei ole otettu huomioon ulkoisesta ekologiasta muuta, kuin käyttöliittymän antama ärsyke.

6.3 Jatkokehityshaasteet

Tässä tutkimuksessa tieto esitettiin matriisin muodossa eikä matriisi ollut erikoinen eri näyttöjen välillä. Oikeassa maailmassa pienellä näytöllä tietomatriisi ei välttämättä näytä samalta varsinkin, jos vertailussa oleva pieni näyttö on hyvin pieni. Yleensä tieto on joko pienemmällä fontilla tai se on järjestetty eri tavoin pieneen tilaan. Jatkossa voisi tutkia, miten pienellä näytöllä suoriudutaan, jos kerralla nähtävä tieto on sama, kuin isossa, mutta tieto näkyy pienempänä. Lyhentykö suoritus aika, jos koodattavat kohteet ovat pienemmällä alueella vai voiko tiiviys aiheuttaa ongelmia tai putoaako vastaustarkkuus, jos jotkut kohteet koodataan näön perifeerisellä alueella.

Aiempien tutkimusten mukaan erityisesti skrollaus aktiviteettina usein hidasti tehtävissä suoriutumista (Raptis ym., 2013; Couper ym., 2017), joten sen osuus tiedonhaku- ja päätöksentekotehtävän suorittamiseen yhdessä näytön koon kanssa olisi mielenkiintoinen tutkimuskohde. Mallintamalla saatettaisiin havaita nimenomaan, onko pelkällä skrollauksella iso merkitys tehtävän suorittamiseen. Empiirisesti testattuna skrollaus voidaan toteuttaa eri tavoin, kuten hiirellä, näppäimistöllä tai sormella ja nämä eri tavat voivat sekoittaa tutkimustuloksia.

Näytön muodon vaikutus tiedonhaku- ja päätöksentekotehtävän suorittamiseen olisi myös mielenkiintoinen tutkimuskohde. Eli onko näyttöruudun leveydellä vaikutusta tiedonhakuun ja päätöksentekotehtävän suorittamiseen. Ainakin Sanchezin ja Branaghanin (2011) tutkimuksessa pienen näytön kääntäminen vaakaan paransi vastaustarkkuutta, joten jollain tavalla leveys muuttaa tapaa toimia. Tietomatriisin voisi järjestellä uudelleen niin, että se kuvastaisi, leveää tiedonesitystä. Matriisin pilkkominen osiin ja asettelu allekkain saattaisi myös vaikuttaa tehtävän suorittamiseen.

Koska kohina aiheutti suoritus aikojen nousua enemmän isolla näytöllä voisi olla hyvä tutkia, mikä tiedonesitys olisi tehokkain vastaavanlaisessa tehtävässä. Kannattaako isolla näytöllä tietoa jakaa eri välilehdille vai olisiko jaetun näytön näkymä tehokkaampi? Jaettu näyttö pienentää alkuperäistä näkymää, joten onko siitä enemmän haittaa tehtävän suorittamiselle vai lyhentääkö se katseen kohdistamiseen ja koodaamiseen kuluvaa aikaa ja sitä kautta tuo nopeutta suoritukseen.

LÄHTEET

- Acharya, A. (2019). *Approximate optimal control model for visual search tasks* Doctoral dissertation, University of Birmingham. URIBA E THESIS. <http://etheses.bham.ac.uk/id/eprint/9196>
- Adepu, S., & Adler, R. F. (2016). A comparison of performance and preference on mobile devices vs. desktop computers. *2016 IEEE 7th Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON)*, 1-7. IEEE. <https://doi.org/10.1109/UEMCON.2016.7777808>
- Albers, M., & Kim, L. (2002). Information design for the small-screen interface: an overview of web design issues for personal digital assistants. *Technical communication*, 49(1), 45-60.
- Anderson, J.A., Hill, J., Parkin, P. & Garrison, A. (2007). Productivity, Screens, and Aspect Ratios. A Comparison of Single, Traditional Aspect, Dual, Traditional Aspect, and Single, Widescreen Aspect Computer Displays over Simulated Office Tasks across Performance and Usability. <https://collections.lib.utah.edu/ark:/87278/s69w3dmf>
- Bao, P., Pierce, J., Whittaker, S. & Zhai, S. (2011). Smart phone use by nonmobile business users, *Proceedings of the 13th International Conference on Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services*, 445-454. <https://doi.org.ezproxy.jyu.fi/10.1145/2037373.2037440>
- Bay, S., & Ziefle, M. (2004). Effects of menu foresight on information access in small screen devices. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 48(16), 1841-1845. <https://doi.org/10.1177/154193120404801611>
- Blankenback, K. (2016). What is a Display? An Introduction to Visual Displays and Display Systems. Teoksessa Chen, J., Cranton, W., & Fihn, M. (toim.), *Handbook of visual display technology* (s. 1-22). Berlin, Germany: Springer.
- Braganza, C., Marriott, K., Moulder, P., Wybrow, M. & Dwyer, T. (2009). *Scrolling behaviour with single- and multi-column layout*. <https://doi.org/10.1145/1526709.1526821>
- Byrd, K. S., & Caldwell, B. S. (2011). Increased memory load during task completion when procedures are presented on mobile screens. *Behaviour & Information Technology*, 30(5), 643-658. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2010.529944>
- Byrne, M.D. (2009). Cognitive Architecture. Teoksessa Sears, A., & Jacko, J. A. (toim.), *Human-computer interaction fundamentals*. (s. 69-90). CRC press.
- Chae, M., & Kim, J. (2004). Do size and structure matter to mobile users? An empirical study of the effects of screen size, information structure, and

task complexity on user activities with standard web phones. *Behaviour & information technology*, 23(3), 165-181.

- Chen, X., Starke, S. D., Baber, C., & Howes, A. (2017). A cognitive model of how people make decisions through interaction with visual displays. In *Proceedings of the 2017 CHI conference on human factors in computing systems*, 1205-1216.
- Couper, M. P., & Peterson, G. J. (2017). Why do web surveys take longer on smartphones?. *Social Science Computer Review*, 35(3), 357-377.
<https://doi.org/10.1177/0894439316629932>
- Cox, A. L., & Peebles, D. (2008). Cognitive modelling in HCI research. *Teoksessa Research Methods for Human Computer Interaction* (s. 70-87). Cambridge University Press, Cambridge.
- del Galdo, E., Gough, P., Jones, M., Noble, R., & Stenton, P. (1998). A new user interface metaphor for mobile personal technologies. *HCI'98 Conference Companion*.
- Dyson, M. C. & Kipping, G. J. (2006). *Exploring the effect of layout on reading from screen*. <https://doi.org/10.1007/BFb0053278>
- Graafinen esitys (2021). *Teoksessa Kvantitatiivisen tutkimuksen verkkokäsikirja*. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoaarkisto.
<https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvanti/kuviot/kuviot/>
- Grahn, H., & Kujala, T. (2020). Impacts of Touch Screen Size, User Interface Design, and Subtask Boundaries on In-Car Task's Visual Demand and Driver Distraction. *International Journal of Human-Computer Studies*, 142, 102467. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2020.102467>
- Hancock, P. A., Sawyer, B. D., & Stafford, S. (2015). The effects of display size on performance. *Ergonomics*, 58(3), 337-354.
<https://doi.org/10.1080/00140139.2014.973914>
- Jansen, B. J. (1998). The graphical user interface. *ACM SIGCHI Bulletin*, 30(2), 22-26. <https://doi.org/10.1145/279044.279051>
- Jokinen, J. P., Wang, Z., Sarcar, S., Oulasvirta, A. & Ren, X. (2020). Adaptive feature guidance: Modelling visual search with graphical layouts. *International journal of human-computer studies*, 136, 102376.
<https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2019.102376>
- Kim, D., & Kim, D. J. (2012). Effect of screen size on multimedia vocabulary learning. *British Journal of Educational Technology*, 43(1), 62-70.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2010.01145.x>
- Klinke, H., Krieger, C., & Pickl, S. (2014). Analysis of the influence of screen size and resolution on work efficiency. <http://dx.doi.org/10.18419/opus-3489>

- Kurniawan, E. (2017). The Effect of Screen Size and Interaction Style on Mobile Device Usability. *Engineering letters*, 25(4), 354.
- Lewis, R. L., Howes, A., & Singh, S. (2014). Computational rationality: Linking mechanism and behavior through bounded utility maximization. *Topics in cognitive science*, 6(2), 279-311. <https://doi.org/10.1111/tops.12086>
- Liu, H., Mulholland, P., Song, D., Uren, V., & Ruger, S. (2010). Applying information foraging theory to understand user interaction with content-based image retrieval. <https://doi.org/10.1145/1840784.1840805>
- Liu, W. (2018). *Information theory as a unified tool for understanding and designing human-computer interaction*. Doctoral dissertation, Universite Paris-Saclay. <https://pastel.archives-ouvertes.fr/tel-02004468>
- MacKenzie, I. S. (2012). Human-computer interaction: An empirical research perspective.
- Metsamuuronen, J. (2011). *Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissa: E-kirja opiskelijalaitos*. International Methelp, Booky.fi.
- Miller, J., Sumeeth, M. & Singh, R. I. (2011). Evaluating the Readability of Privacy Policies in Mobile Environments. *International journal of mobile human computer interaction*, 3(1), 55-78. <https://doi.org/10.4018/jmhci.2011010104>
- Nielsen, J. (2011). Mobile Content is Twice as Difficult. <https://www.nngroup.com/articles/mobile-content-is-twice-as-difficult-2011/>
- Ocak, N., & Cagiltay, K. (2017). Comparison of cognitive modeling and user performance analysis for touch screen mobile interface design. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 33(8), 633-641. <https://doi.org/10.1080/10447318.2016.1274160>
- Ong, K., Jarvelin, K., Sanderson, M., & Scholer, F. (2017). Using information scent to understand mobile and desktop web search behavior. In *Proceedings of the 40th International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval* (pp. 295-304).
- Oulasvirta, A. (2019). It's time to rediscover HCI models. *interactions*, 26(4), 52-56. <https://doi.org/10.1145/3330340>
- Oulasvirta, A., Jokinen, J. P.P. & Howes, A. (2022). Computational rationality as a theory of interaction. *ACM CHI'22 Proceedings of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*.
- Oulasvirta, A., Tamminen, S., Roto, V. & Kuorelahti, J. (2005) "Interaction in 4-second bursts: The fragmented nature of attentional resources in mobile hci", *SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pp. 919-928, 2005.

- Pirolli, P., & Card, S. (1999). Information foraging. *Psychological review*, 106(4), 643-675. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.106.4.643>
- Raptis, D., Tselios, N., Kjeldskov, J. & Skov, M. (2013). *Does size matter?: Investigating the impact of mobile phone screen size on users' perceived usability, effectiveness and efficiency.* <https://doi.org/10.1145/2493190.2493204>
- Reeves, B., Lang, A., Kim, E. Y. & Tatar, D. (1999). The Effects of Screen Size and Message Content on Attention and Arousal. *Media psychology*, 1(1), 49-67. https://doi.org/10.1207/s1532785xmep0101_4
- Salvucci, D. D. (2000). A model of eye movements and visual attention. *Proceedings of the International Conference on Cognitive Modeling* (No. S 252, p. 259).
- Salvucci, D. D. (2001). An integrated model of eye movements and visual encoding. *Cognitive systems research*, 1(4), 201-220. [https://doi.org/10.1016/S1389-0417\(00\)00015-2](https://doi.org/10.1016/S1389-0417(00)00015-2)
- Salvucci, D. D. (2006). Modeling Driver Behavior in a Cognitive Architecture. *Human factors*, 48(2), 362-380. <https://doi.org/10.1518/001872006777724417>
- Sanchez, C. A., & Branaghan, R. J. (2011). Turning to learn: Screen orientation and reasoning with small devices. *Computers in Human Behavior*, 27(2), 793-797. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.11.004>
- Schlick, C., Ziefle, M., Park, M., & Luczak, H. (2009). Visual displays. Teoksessa Sears, A., & Jacko, J. A. (toim.), *The Human-Computer Interaction Fundamentals*, (s. 177-203). CRC Press.
- Sears, A., & Jacko, J. A. (2009) *Human-computer interaction fundamentals*. CRC press.
- Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *The Bell system technical journal*, 27(3), 379-423.
- Sweeney, S. & Crestani, F. (2006). Effective search results summary size and device screen size: Is there a relationship? *Information processing & management*, 42(4), 1056-1074. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2005.06.007>
- Tepa-termipankki. (2022c). Näyttö <https://termipankki.fi/tepa/fi/haku/n%C3%A4ytt%C3%B6>
- Tepa-termipankki. (2022a). Käyttöliittymä. <https://termipankki.fi/tepa/fi/haku/graafinen%20k%C3%A4ytt%C3%B6liittym%C3%A4>
- Tepa-termipankki. (2022b). Mobiililaite. [https://termipankki.fi/tepa/fi/haku/mobiililaite Viitatti 7.3.2022.](https://termipankki.fi/tepa/fi/haku/mobiililaite%20viitatti%207.3.2022)
- Varianssianalyysi. (2021). Teoksessa *Kvantitatiivisen tutkimuksen verkkokäsikirja*. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoaarkisto.

<https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvanti/variassi/anova/>

Verkkopankin käyttäminen. (2021). FiCom. <https://www.ficom.fi/ict-ala/tietopankki/sahkoinen-asiointi/mobiilimaksaminen-ja-verkkopankin-kayttaminen/verkkopankin-kayttaminen/> Päivitetty 20.12.2021.

Zhou, J., Rau, P. L. P., & Salvendy, G. (2014). Older adults' text entry on smartphones and tablets: investigating effects of display size and input method on acceptance and performance. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 30(9), 727-739.

LIITE 1 MALLIN KUVAUS

The model is implemented using hierarchical reinforcement learning (RL). It consists of two RL agents: the visual search agent and the decision maker. The task of the visual search agent is to visually encode the environment. The task of the decision maker is to direct the visual search agent and make decisions based on encoded visual information.

The visual world is a $N \times K$ matrix, with N speakers and K timeslots. The values of the cells are 0 or 1, representing the availability of the speaker N_i in the particular timeslot K_j .

The visual search agent can make foveated observations, fixating on a particular area ij on the matrix, and encoding information in it or close to it. Depending on the UI, some areas in the matrix, e.g., some speakers, may be separated into different viewports, and the user must switch between the viewport, taking time in doing so. The model's eye movements and encoding capacity follow the EMMA model of eye movements (Salvucci, 2001).

The visual search agent's belief is the internal representation about the state of the visual world. The availability of a speakers in various timeslots is N times K matrix, with cells corresponding to the probability that the speaker is available in that time. The cells are initialised as 0.5, but this prior can also be changed (either statically by assuming e.g., that most of the timeslots are ok for all speakers, thus raising this initial constant, or dynamically e.g., by stipulating that speakers have generally only few timeslots, or that there are speakers who have a lot of available time, and those who are very time limited; these can all be expressed in the Bayesian belief update). Upon encoding a slot, the value of the corresponding belief is shifted towards the correct value. It can be translated directly into either 0 (not available) or 1 (available), or there can be stochasticity in this update depending on the modeller's choice.

The decision making agent must make a decision based on the belief about the speaker availability. It holds a belief about the availability of two speakers, which speakers its decision concerns, and what the current context is (for the purposes of the multi-context small display tasks). After having encoded the task, the decision making agent directs the visual search agent to encode relevant information in the visual world, potentially first shifting contexts if necessary. It then updates its belief about the availability of the speaker, based on the belief of the visual agent. It makes a decision based on its belief, receiving either a positive or a negative reward signal depending on whether the decision was correct or not (i.e., if the presented speaker configuration was possible or not). Furthermore, the agent receives a small negative reward for each eye movement or encoding action taken by the visual search agent, proportional to the time spent. The agent learns a policy that directs the eye movements over the display in order to make informed decisions.

The model is implemented as a partially observable Markov decision process (POMDP), and solved using a deep RL approach called proximal policy optimization (PPO).