

Sara Norja

OKKLUUSIOPOHJAISEN TARKKAAMAT-
TOMUUDEN MITTAUSMENETELMÄN
VALIDITEETIN ARVIOINTI



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
TIETOJENKÄSITTELYTIETEIDEN LAITOS
2017

TIIVISTELMÄ

Norja, Sara

Okkluusiopohjaisen tarkkaamattomuuden mittausmenetelmän validiteetin arviointi

Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, 2017, 49 s.

Kognitiotiede, pro gradu -tutkielma

Ohjaaja: Kujala, Tuomo

Ajosimulaattoritutkimuksessa käytettävä okkluusiopohjainen tarkkaamattomuuden mittausmenetelmä on kehitetty operationalisoimaan kuljettajan tarkkaamattomuutta ja siihen vaikuttavia tekijöitä okkluusiomatkojen ja -aikojen perusteella. Okkluusiomatka on sellainen matka metreinä, jonka kuljettaja etenee katsomatta tietä ja okkluusioaika se aika sekunteina, joka kuljettajalla kestää ajaa tietä näkemättä. Menetelmässä kuljettaja voi dynaamisesti säätää ajonopeuttaan ja ajokäyttäytymistään, jolloin tarkkaamattomuutta voidaan mitata aikaisempaa tutkimusta monipuolisemmin.

Okkluusiopohjainen tarkkaamattomuuden mittausmenetelmän avulla voidaan tutkia esimerkiksi erilaisten mobiililaitteiden käytön aiheuttamaa visuaalista vaatavuutta realistisen kaltaisessa liikenneympäristössä. Testin taustalla on vahva kausaalinen oletus siitä, että liian vaikea tai häiritsevä ajonaikainen tehtävä häiritsee kuljettajan visuaalisen tarkkaavaisuuden säätelyä.

Tämän pro gradu -tutkielman tarkoituksena oli arvioida okkluusiopohjaisen tarkkaamattomuuden mittausmenetelmän reliabiliteettia ja validiteettia. Tutkimus on empiirinen ja kvantitatiivinen ja se koostuu kirjallisuuskatsauksesta ja kvantitatiivisesta meta-analyysistä. Tutkimuksessa käytetty aineisto koostuu kolmesta Jyväskylän yliopistossa tehdystä ajosimulaattoritutkimuksesta.

Okkluusiopohjainen tarkkaamattomuuden mittausmenetelmä vaikuttaa kohtuullisen toistettavalta ja luotettavalta mittarilta visuaalisen tarkkaamattomuuden säätelyn tutkimisessa. Menetelmällä saadaan aikaan sellaisia tuloksia, jotka toistuvat samankaltaisina erilaisista asetelmista ja tutkituista laitteista toisiin, ja tulokset ovat linjassa aikaisemman tutkimuksen kanssa. Jatkossa olisi hyvä tutkia erityisesti erilaisten kuljettajien henkilökohtaisen preferenssin ja ajotapojen eroja ja arvioida, olisiko syytä muodostaa erilaisia verifikaatorajoja erilaisille kuljettajille.

Asiasanat: kuljettajan tarkkaamattomuus, kuljettajan häiriötekijät, ajosimulaattoritutkimus, visuaalinen vaatavuus

ABSTRACT

Norja, Sara

Validity Assessment of the Occlusion-based Distraction Measurement Method

Jyväskylä: University of Jyväskylä, 2017, 49 p.

Cognitive Science, Master's Thesis

Supervisor: Kujala, Tuomo

The occlusion-based distraction measurement method which is measured in occlusion time and distance was developed to be used in driving simulator research to operationalize factors leading to driver's inattention. In this method the driver can dynamically adjust the driving speed and behavior and therefore the distractions and driver's inattention can be measured more diversely than before.

For example, by using occlusion-based distraction measurement method the visual demand of using mobile devices in a realistic driving environment can be examined. The causal assumption behind the test is that driver will be distracted from controlling one's visual attention by tasks that are too difficult or distractive.

The aim of the thesis was to evaluate the reliability and validity of the occlusion-based distraction measurement method. The study includes a literature review and a quantitative meta-analysis carried out to data gathered from three different studies.

This research shows that the occlusion-based distraction measurement method is reasonably valid and reliable for measuring the driver's control of visual attention. The method brings results that appear similar in different set-ups and devices and that are in line with earlier research. As a follow-up research it might be good to study differences in driver's personal preference and driving styles which could show if there is a need to set different boundaries for verification for different drivers.

Keywords: driver distraction, driver inattention, visual occlusion, driving simulator, visual demand

TAULUKOT

TAULUKKO 1 Erilaisia ajosimulaattoritutkimuksia	12
TAULUKKO 2 HTI-tutkimuksen nelikenttä (Jokinen, 2015)	23
TAULUKKO 3 Tuloksissa käytetyt lyhenteet.....	31
TAULUKKO 4 Distance-summamuuttujan reliabiliteetti kokeittain.....	32
TAULUKKO 5 Distance summamuuttujan reliabiliteetti tehtävittäin.....	32
TAULUKKO 6 Aineiston distance-mediaanien (metriä) kuvailu.....	32
TAULUKKO 7 Punaiset katseet tehtävittäin	34
TAULUKKO 8 Vihreät katseet tehtävittäin	36
TAULUKKO 9 Navigointitehtävien punaiset ja vihreät katseet.....	37
TAULUKKO 10 Punaiset katseet laitteittain	37
TAULUKKO 11 Vihreät katseet laitteittain	38
TAULUKKO 12 Samat koehenkilöt eri kokeissa.....	38

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	2
ABSTRACT	3
TAULUKOT	4
SISÄLLYS.....	5
1 JOHDANTO	6
1.1 Kuljettajan tarkkaamattomuus ja sen tutkiminen.....	6
1.2 Tutkimuksen tarkoitus, tutkimuskysymykset ja menetelmät.....	7
1.3 Pro gradu –tutkielman rakenne.....	8
2 KULJETTAJAN TARKKAAMATTOMUUDEN OPERATIONALISOINTI 9	
2.1 Kuljettajan häiriötekijät ja tarkkaamattomuus.....	9
2.2 Ajosimulaattoritutkimus.....	11
2.3 National Highway Traffic Safety Administrationin mittauskriteerit 16	
2.4 Okklusiopohjainen tarkkaamattomuuden mittausmenetelmä	18
2.5 Tutkimuskysymykset ja hypoteesit.....	21
3 TUTKIMUKSEN MENETELMÄT JA TOTEUTUS	22
3.1 Metodologiaa.....	22
3.2 Tutkimusmenetelmät.....	24
3.3 Reliabiliteetti ja validiteetti	25
3.4 Aineisto.....	26
3.4.1 HERE AUI'16	27
3.4.2 FICONIC 2016.....	28
3.4.3 NUVIZ 2016.....	28
3.5 Tutkimusvälineistö	28
3.6 Aineiston analyysimenetelmät	29
3.7 Tutkimuksen kulku	29
4 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	31
4.1 Reliabiliteettianalyysi	31
4.2 Test – retest -analyysi	32
4.3 Johtopäätökset.....	38
4.4 Vastaukset tutkimuskysymyksiin ja hypoteesien käsittely.....	42
5 POHDINTA.....	44
LÄHTEET	46

1 JOHDANTO

Tekniikan kehittyessä erilaiset mediat ja älylaitteet ovat hiljalleen siirtyneet myös autoa ajavien käsiin arjen tehtävien suorittamiseksi tai viihdykkeiksi. Laitteiden käyttö ajon aikana vie ajajan kognitiivista kapasiteettia ja saattaa siten vaarantaa liikennettä ja olla osasyynä kohtalokkaiden tapahtumaketjujen syntymiseen. Näillä tapahtumaketjuilla voi olla laajoja sosiaalisia ja taloudellisia vaikutuksia, minkä vuoksi erilaisten ajamisen rinnalla suoritettavien toissijaisien tehtävien ja niiden suorittamiseksi käytettyjen laitteiden turvallisuutta on alettu tutkia runsaasti viimeisen parin kymmenen vuoden aikana.

1.1 Kuljettajan tarkkaamattomuus ja sen tutkiminen

Liikenneturva (2016) määrittelee kansankielisesti tarkkaamattomuuden kuljettajan huomion kiinnittymiseksi johonkin muuhun, kuin kuljettajan ensisijaiseen tehtävään eli ajamiseen. Tarkkaamattomuus voi olla visuaalista, manuaalista tai kognitiivista, eli katse voi siirtyä pois tiestä, käsi pois hallintalaitteelta tai ajatukset voivat karata muualle. Kuljettajan tarkkaamattomuutta on tutkittu myös tieteellisesti paljon ja käsitteiden merkityksistä ja sisällöistä on käyty paljon keskustelua (esimerkiksi Regan, Hallet & Gordon, 2011).

Kuljettajan tarkkaamattomuus on puhututtanut siitä lähtien, kun autoja on ajettu ja todisteita tarkkaamattomuuden liittymisestä kolareihin onkin kertynyt (Regan ym., 2011). Tarkkaamattomuutta ajaessa lisäävät esimerkiksi erilaiset mobiililaitteet, joita kuljettaja käyttää joko ajamisen tueksi tai itseään viihdyttääkseen. Erilaisten laitteiden käyttöä ajon aikana tutkitaan paljon (Beanland, Fitzharris, Young & Lenne, 2013; Regan ym., 2011). Tutkimiseen on käytettävissä paljon erilaisia menetelmiä, ja päämäärä on kaikissa sama: mahdollistaa turvallinen laitteiden käyttö liikenteessä. Erilaisten menetelmien hyviä ja huonoja puolia on syytä arvioida tutkimusta suunniteltaessa. On myös monia asioita, joita tulee ottaa huomioon tutkimuksen kontekstista riippuen. Onko esimerkiksi tulosten kannalta olennaista, ajaako koehenkilö 30 vai 80 kilometrin tunti-

vauhtia suorittaessaan älypuhelimien avulla jotakin ajonaikaista tehtävää? Koska 80 kilometrin tuntinopeudessa 1,5 sekunnin aikana tapahtuu huomattavasti enemmän kuin 30 kilometrin tuntinopeudessa, on tärkeää muistaa mitä tutkimuksessa halutaan mitata ja saavutetaanko se ajamalla esimerkiksi tiettyä nopeutta. Voidaan myös pohtia tehtävän realistisuutta ja yhteyttä oikeaan elämään, jossa autolla ajaessa toisinaan hidastetaan ja toisinaan kiihdytetään esimerkiksi mutkissa.

National Highway Traffic Safety Administration eli NHTSA on kehittänyt vuosien saatossa vuonna 2013 julkaistun ohjeistuksen ajosimulaattoritutkimusten suorittamiseksi, jotta ajon aikana käytettyjen laitteiden valmistajat voisivat testata laitteidensa turvallisuutta. Menetelmää on tutkittu paljon ja se on saanut osakseen myös kritiikkiä siitä, voiko se olla riittävän hyvä mittaristo määrittämään ajon aikana käytettävän laitteen turvallisuus.

Kujala ja Mäkelä (2015) ovat kehittäneet ajosimulaattoritutkimuksissa käytettävän okklusiopohjaisen tarkkaamattomuuden mittausmenetelmä (*ODMM, occlusion-based distraction measurement method*). Okklusiopohjaisessa tarkkaamattomuuden mittausmenetelmässä operationalisoidaan kuljettajan tarkkaamattomuus okklusioaikojen ja –matkojen perusteella. Okklusioaika tarkoittaa sellaista aikaa, minkä kuljettaja kokee turvalliseksi katsoa muualle kuin tiehen. Okklusiomatka on taas se matka, minkä kuljettaja on edennyt katsoessaan pois tiestä.

1.2 Tutkimuksen tarkoitus, tutkimuskysymykset ja menetelmät

Tämän pro gradu -tutkielman tarkoitus on selvittää ja arvioida Jyväskylän yliopistossa kehitetyn okklusiopohjaisen tarkkaamattomuuden mittausmenetelmän validiteettia ja reliabiliteettia erilaisista näkökulmista. Tarkoituksena on myös tutkia kirjallisuudesta, miten erilaisia ajosimulaattoreita on hyödynnetty ja löytyykö niistä huomattavia eroavaisuuksia tai yhtäläisyyksiä tutkimustuloksiin, joita on saatu hyödynnettäessä okklusiopohjaista tarkkaamattomuuden mittausmenetelmää.

Edellä mainittujen seikkojen selvittämiseksi tutkimusta ohjaamaan on määriteltä seuraavat tutkimuskysymykset:

1. Ovatko mittareiden reliabiliteetti ja validiteetti riittävät?
 - Reliabiliteetti mittaa kokeen toistettavuutta kerrasta toiseen.
 - Ulkoinen ja ekologinen validiteetti mittaa kokeen vastaavuutta muihin samankaltaisiin ilmiöihin ja reaali maailmaan.
2. Ovatko asetetut verifikaatorajat soveltuvat?

Tutkimus on kokeellinen, kvantitatiivinen tutkimus. Empiiristen havaintojen ja meta-analyysin lisäksi tehdään kirjallisuuskatsaus alan julkaisuihin ja vertaillaan tulosten vastaavuutta okklusiopohjaisen tarkkaamattomuuden mittaus-

menetelmän ja muiden menetelmien välillä. Aineistona käytetään kolmea Jyväskylän yliopistossa vuosina 2016 suoritettua ajosimulaattoritutkimusta.

1.3 Pro gradu –tutkielman rakenne

Aluksi tässä pro gradu –tutkielmassa operationalisoidaan kuljettajan tarkkaamattomuus, eli pyritään yhdistämään teoreettinen käsitys mitattaviin ja havaittaviin ominaisuuksiin. Luvussa käsitellään kuljettajan tarkkaamattomuuden ja häiriötekijöiden merkitystä, tarkkaamattomuuden mittaamista sekä ajosimulaattoritutkimusta yleensä. Lisäksi luvussa esitellään National Highway Traffic Safety Administrationin eli NHTSA:n mittauskriteerit ajosimulaattoritutkimuksia varten. Luvussa esitellään myös okklusiopohjainen tarkkaamattomuuden mittausmenetelmä sekä tutkimuskysymykset ja hypoteesit.

Seuraavaksi esitellään tutkimuksen menetelmät ja toteutus. Aluksi esitellään tutkimuksen metodologiaa, käytetyt tutkimusmenetelmät ja reliabiliteetin ja validiteetin yhteys tässä tutkimuksessa. Aineisto, tutkimusvälineistö ja aineiston analyysimenetelmät sekä tutkimuksen kulku esitellään myös.

Tulokset ja niiden johtopäätökset käsitellään omassa luvussaan ja niiden perusteella vastataan tutkimuksen alussa asetettuihin tutkimuskysymyksiin. Lopuksi vedetään yhteen pro gradu –tutkielman tekemiseen liittynyt prosessi, tutkimustulokset ja pohditaan ja arvioidaan tulosten luotettavuutta ja merkittävyyttä.

2 KULJETTAJAN TARKKAAMATTOMUUDEN OPERATIONALISOINTI

Tässä luvussa esitellään aiempia ajosimulaattorien avulla toteutettuja tutkimuksia, jotka liittyvät kuljettajan tarkkaamattomuuteen tai turvallisuuteen läheisesti liittyvien asioiden tutkimiseen erilaisten metodien avulla. Käsiteltäviksi tutkimuksiksi on pyritty keräämään joukko erilaisia tutkimuksia, jotka on rajattu toissijaisten ajon aikana suoritettavien aktiviteettien ja elektronisten laitteiden käyttöön liittyviin kysymyksiin ja joissa on tutkittu jossain määrin samankaltaisia tehtäviä, mitä tämän pro gradu –tutkimuksen aineistossa on käsitelty. Toissijaiset ajonaikaiset aktiviteetit ovat sellaisia aktiviteetteja, joiden suorittaminen ei ajamisen kannalta ole välttämätöntä (Klauer, Dingus, Neale, Sudweeks & Ramsey, 2006). Elektroninen laite voi olla esimerkiksi käsillä käytettävä laite, jolla voi soittaa tai vastaanottaa puheluita tai se voi olla autoon valmiiksi asennettu navigointilaitte (Klauer ym., 2006; Kujala & Saariluoma, 2011).

Luvussa esitellään National Highway Traffic Safety Administrationin (NHTSA, 2013) visuaalis-manuaalista tarkkaamattomuutta ajoneuvon sisällä käytettävien elektronisten laitteiden käyttöä varten luotu ohjeistus pääpiirteisään sekä tarkastellaan sen saamaa kritiikkiä. NHTSA:n ohjeistus on luotu tutkimustyökaluksi ajon aikana käytettävien laitteiden turvallisuuden hyväksyttävyyden arviointia varten (NHTSA, 2013). Ohjeistusta on laajasti käytetty erilaisen ajosimulaattoritutkimusten pohjana, mutta jotkut tutkijat ovat kokeneet sen puutteelliseksi. Lisäksi okklusiopohjainen tarkkaamattomuuden mittausmenetelmä ja sen verifikaatorajat esitellään. Lopuksi teorioiden ja aineiston pohjalta muotoillut tutkimuskysymykset ja hypoteesit esitetään.

2.1 Kuljettajan häiriötekijät ja tarkkaamattomuus

Kuljettajan häiriötekijöistä ja tarkkaamattomuudesta puhuttaessa tullaan väistämättä psykologisten peruskysymysten äärelle siitä, mitä on tarkkaavaisuus. Kyseessä on eräänlainen sateenvarjokäsite, joka kokoaa alleen sen, miten aivot

ohjaavat omaa tiedonkäsittelyään ja kuinka sitä voidaan mitata tai tutkia (Chun, Golomb & Turk-Browne, 2011.) Tarkkaavaisuuden relevanssia kuvaa hyvin se, miten kuljettajan tulisi toimia ajaessaan; hänellä tulisi olla käsitys siitä, mitä hänen ympärillään tapahtuu, mitä voi tapahtua ja miten riittävä tieto saadaan kerättyä. Ajamisen tutkimuksen kontekstissa puhutaan kuitenkin yleensä tarkkaavaisuutta enemmän kuljettajan häiriötekijöistä ja tarkkaamattomuudesta (*driver distraction* ja *driver inattention*). Käsitteiden määritelmistä ollaan kuitenkin erimielisiä ja eroavaisuudet aiheuttavat ongelmia ja vääristymiä tutkimuksia tulkittaessa. Tutkimusmenetelmät ja tulosten esitystapojen eroavaisuudet hankaloittavat käsitteiden määrittelyä. (Kircher & Ahlstrom, 2016; Regan ym., 2010.)

Klauer ym. (2006) määrittelee kuljettajan tarkkaamattomuuden kuljettajan keskittymisenä johonkin sellaiseen toissijaiseen tehtävään, joka ei ole välttämätön kuljettajan ensisijaisen tehtävän, eli kulkuneuvon ajamisen, suorittamisen kannalta. Regan ym. (2010) erittelee kuljettajan häiriötekijöiden ja tarkkaamattomuuden eroja, luokittelua ja suhteita. Kuljettajan häiriö on tämän määritelmän mukaan tarkoittaa kuljettajan huomion siirtymistä johonkin, mikä häiritsee keskittymistä johonkin toiseen tehtävään. Kuljettajan tarkkaamattomuuden määrittely on hankalampaa, sillä yhteisymmärrykseen käsitteen tarkasta määritelmästä ei ole päästy. Yhtenä määritelmänä kuljettajan tarkkaamattomuudelle voidaan pitää epäonnistumista kiinnittää huomio johonkin tai huomata jotakin. Toinen määritelmä on kuljettajan huomion eksyminen ajamisesta toisaalle jostakin ei-pakottavasta syystä, kuten perheasioiden murehtimiseen. Regan ym. (2011) määrittelee kuljettajan tarkkaamattomuuden kuljettajan riittämättömäksi tai täysin puutteelliseksi huomioksi aktiviteeteille, jotka ovat välttämättömiä turvallisen ajamisen kannalta.

Kun käsitteitä kuljettajan häiriötekijät ja kuljettajan tarkkaamattomuus erotellaan, voidaan päätyä kahteen näkökulmaan. Ensimmäisen mukaan häiriötekijät ovat osa tarkkaamattomuutta ja toisen mukaan häiriötekijät ovat taksonomisesti samalla viivalla tarkkaamattomuuden kanssa – kyseessä on siis kaksi erillistä käsitettä. Kirjallisuudessa kummankin puolesta ja vastaan on esitetty ja siksi on hedelmällisempää tutkia näiden käsitteiden suhdetta toisiinsa. Regan ym. (2011) määrittelisivät kuljettajan häiriötekijät, joiden synonyymi on toisaalle ohjattu tarkkaavaisuus, ensimmäisen näkökulman mukaan osaksi kuljettajan tarkkaamattomuutta määrittelyn helpottamiseksi. Muita tarkkaamattomuuden osatekijöitä ovat rajoitettu tarkkaavaisuus (*driver restricted attention*), väärin priorisoitu tarkkaavaisuus (*driver misprioritised attention*), laiminlyöty tarkkaavaisuus (*driver neglected attention*), pintapuolinen tarkkaavaisuus (*driver cursory attention*) ja toisaalle ohjattu tarkkaavaisuus (*driver diverted attention*). Käsitteiden määrittely eroaa kuitenkin valtavasti eri lähteiden perusteella, ja siksi on tärkeää jatkaa käsitteiden määrittely- ja validointityötä edelleen. (Regan ym., 2011.)

Kuljettajan häiriötekijöiden ja tarkkaamattomuuden tutkimiseksi on tehty paljon töitä. Erilaisten tilastojen valossa voidaan todeta, että tarkkaamattomuus on merkittävä syy kolareihin, joten Stutts, Feaganes, Reinfurt, Rodgman, Hamlett, Gish ja Staplin (2005) asettivat ensimmäisenä vapaaehtoisten kuljettajien

autoihin kameroita, joiden avulla tutkittiin kuljettajien ajon aikaista käyttäytymistä. Tutkimuksen tarkoituksena oli kerätä mahdollisimman luonnollista tietoa kuljettajan ajon aikana suorittamista tehtävistä. Tulosten pohjalta tutkijat totesivat, että ihmiset tekevät ajon aikana paljon sellaisia asioita, jotka saattavat vaikuttaa kolareiden syntymiseen, mutta tarkempaa tietoa on syytä kerätä tällaisten "luonnollisten" tutkimusten lisäksi onnettomuustietojen analysoinnista ja erilaisten kontrolloitujen laboratoriotutkimusten, kuten testiratojen ja ajosimulaattoritutkimuksen avulla.

2.2 Ajosimulaattoritutkimus

Tarve ajosimulaattoritutkimukselle on kasvanut valtavasti viime vuosina. Kuljettajien lisääntyessä ja ikääntyessä erilaiset ajamisen haasteet lisääntyvät ja mahdolliset onnettomuudet käyvät varsin kalliiksi yhteiskunnille. Myös erilaiset huomiota tiestä vievät häiriötekijät, kuten matkapuhelimet ja muut elektroniset laitteet sekä toisaalta suuret kadunvarsimainokset ovat hiipineet kuljettajien käsiin ja näkökenttään jakamaan huomiota pois ajamisesta. Samalla autojen teknologia ja infrastruktuuri on kehittynyt valtavasti, millä on luonnollisesti vaikutusta ajamisen turvallisuuteen. Tietokoneiden kehittyminen ja teknologian parempi saatavuus on mahdollistanut yhä useampien tutkijoiden pääsevän ajosimulaattoritutkimuksen pariin. Naturalististen tutkimusten käsitellessä luonnollisia ajotilanteita, ajosimulaattoreilla pystytään luomaan erilaisia ajamisen skenaarioita turvallisesti ja kontrolloidussa ympäristössä. (Beanland ym., 2013; Boyle & Lee, 2010; Horberry, Anderson, Regan, Triggs & Brown, 2006.) Taulukossa 1 esitellään tiivistetysti eräiden tutkimusten pääpiirteitä ja tuloksia.

Ajamisen visuaalisen vaativuuden tekijöistä ja vaikutuksista kiinnostuneet Tsimhoni ja Green (2001) tutkivat okklusiomenetelmän avulla ajon visuaalisen vaativuuden vaikutusta tehtävien suorittamiseen ja tehtäviin kuluvaan aikaan sekä niiden vaikutusta kuljettajien katseiden käyttämiseen. Koehenkilöiden tehtävänä oli ajaa sekä suorittaa erilaisia kartanlukutehtäviä. Tehtävissä oli erilaisia vaikeusasteita; paikallaan olevasta autosta terävämutteriksiin teihin. Tutkijat huomasivat, että tehtävän visuaalisen vaativuuden lisääntyessä ajamisen suorituskyky heikkeni. Myös tehtävien suoritukseen kulunut aika kasvoi auton ollessa liikkeessä verrattuna paikallaan olevaan autoon. (Tsimhoni & Green, 2001.)

Lansdown, Brook-Carter ja Kersloot (2004) olivat kiinnostuneita ajoneuvon turvallisen hallinnan lisäksi useampien toissijaisten tehtävien suorittamisesta, kuten esimerkiksi navigointijärjestelmien käytöstä. Koehenkilöille esitettiin numeroita ja kirjaimia näytöllä samalla, kun heidän piti ajaa turvallisesti. Numerot saattoivat tulla tehtävän mukaan joko tasaisin väliajoin tai satunnaisesti. Parillisen numeron ilmaantuessa piti painaa oikeaa nappia ja parittoman numeron ilmaantuessa vasenta nappia. Häirintätehtävissä oli mukana numeroiden lisäksi kirjaimia. Vokaalin ilmaantuessa kuljettajan tuli painaa ylös-nappia ja konsonantin ilmaantuessa alas-nappia. Myös kontrolliajo ilman numeroita ja kirjaimia suoritettiin. Jokaisen tehtävän jälkeen täytettiin myös NA-

SA-TLX-kysely koetun kuormittavuuden mittaamiseksi. Häirintätehtävä koettiin merkittävästi kuormittavammaksi kuin kontrolliajo ja sekä tasaisin että vaihtelevin väliajoin ilmestyvät numerot. Myös jarrujen painetta, keskinopeutta, kuljettajan liikkumista tien päällä sekä toissijaisten tehtävien reaktioaikoja ja suoritusta mitattiin. Tulosten mukaan toissijaiset tehtävät vaikuttavat haitallisesti ajokykyyn ja kahden toissijaisen tehtävän ajonaikainen suorittaminen on vaativampaa kuin yhden. Kahden toissijaisen tehtävän samanaikainen suorittaminen myös hidasti kuljettajien ajonopeutta verrattuna normaaliin ajamiseen. Tutkimuksen mukaan useampien toissijaisten tehtävien suorittaminen samanaikaisesti on siis merkittävä turvallisuusriski ja kuormittaa mahdollisesti kuljettajaa liikaa. (Landsdown ym., 2004.)

TAULUKKO 1 Erilaisia ajosimulaattoritutkimuksia

Tekijä	Kiinnostuksen kohde	Tulokset
Tsimhoni & Green, 2001	Ajamisen visuaalisen vaativuuden tekijät ja vaikutukset	Tehtävän visuaalisen vaativuuden lisääntyessä ajamisen suorituskky heikkenee
Landsdown ym., 2004	Toissijaiset tehtävät ajon aikana ja niiden vaikutus ajamiseen	Toissijaisten tehtävien määrän kasvaessa vaativuus kasvaa
Liu ym., 2004	Head-up-displayn ja head-down-displayn erot	Head-Up Display mahdollisti paremman ajokyvyn
Horberrry ym., 2006	Toissijaiset tehtävät ja visuaalinen klutteri	Toissijaiset tehtävät häiritsivät suoritusta joissakin tilanteissa
Tsimhoni ym., 2009	Osoitteensyöttö puheena tai manuaalisesti ja niiden vertailu	Puheohjaus on manuaalista osoitteensyöttöä parempi.
Maciej & Vollrath, 2009	Manuaalisen ja puheohjauksen erot autojen tietojärjestelmissä	Puheohjaus on manuaalista parempi.
Burnett ym., 2011	Kosketusalustan, kosketusnäytön ja rotaatiopyörän käyttö ja niihin soveltuvimmat toissijaiset tehtävät	Kosketusalustan ja kosketusnäytön välillä on tehtäväkohtaisia eroja
Kujala & Saari-luoma, 2011	Visuaalinen haku mobiililaitteen erilaisista valikoista	Taulukkotyyppinen valikko vaatii kuljettajalta enemmän kuin listatyyppinen
Lasch & Kujala, 2012	Ajon aikana käytettävän musiikkilaitteen suunnitteluperiaatteet	Musiikin selaaminen näyttää olevan ajon aikana kuormittavaa
Lee ym., 2015	Toissijaiset tehtävät ajon aikana ja kuljettajan käyttäytyminen	Kuljettajien kaksi erilaista viikaisstrategiaa
Broström ym., 2016	Kuljettajien käyttäytymisen vaikutukset ajon aikana suoritettaviin tehtäviin	Kuljettajien neljä erilaista viikaisstrategiaa

Liu ja Wen (2004) vertailivat kahden erilaisen näytön, Head-Up Displayn, joka oli ajosimulaattorin näytölle kuljettajan katseen kanssa samaan linjaan projisoitu kuva, sekä ohjauspyörän viereen sijoitetun Head-Down Displayn, paremmuutta. Koehenkilöt, jotka kaikki olivat ammattikuljettajia, suorittivat ajaessaan neljä tehtävää, jotka olivat tuotteen toimitus, navigointi, nopeuden havaitseminen ja kiireelliseen tehtävään reagoiminen kahdessa erilaisessa ajotilanteessa.

Tehtävien aikana mitattiin kuljettajan ajokäyttäytymistä esimerkiksi nopeuden, jarrun painamisen, nopeuden vaihtelua ja kaistalla pysymistä. Koehenkilöiltä kysyttiin myös subjektiivisia kokemuksia tehtävistä. Tulosten perusteella näytölle projisoitu Head-Up Display auttoi kuljettajia ajamaan tasaisempaa nopeutta ja reagoimaan nopeammin tehtäviin. Kuljettajien kokema psykologinen stressi oli pientä kummankin laitteen kohdalla, joskin jos ensimmäinen laite oli ollut Head-Up Display, kokivat kuljettajat hieman painetta aluksi, mutta se tasaantui myöhemmin.

Horberry ym. (2006) tutkivat ajonaikaisten ja visuaalisen hälinän (*clutter*) vuorovaikutusta. Koehenkilöinä oli 31 kuljettajaa kolmesta ikäryhmästä. Tehtävät jaettiin auditiivis/puheellisiin ja visuaalis/manuaalisiin tehtäviin. Auditiivis/puheellisissa tehtävissä koehenkilöt vastasivat yleistietoa mittaaviin kysymyksiin ja tekivät toiset kysymys-vastausparit helpossa ja vaikeassa ympäristössä hands-free-puhelinta käyttäen. Visuaalis/manuaalisessa osassa koehenkilöt tekivät sarjan erilaisia tehtäviä, esimerkiksi autoradion säätämistä erilaisissa helpossa ja vaikeassa ympäristössä. Kokeessa oli mukana myös kolme ulkoista häiriötekijää: jalankulkija seisomassa tien reunassa, auto peruuttamassa ajotielle ja jalankulkija ylittämässä tietä. Tutkimuksessa mitattiin ajonopeutta ja ajonopeuden erotusta annetusta nopeusrajoituksesta muuttujina. Koehenkilöt täyttivät tehtävien päätteeksi kuormitusta mittaavan NASA-TLX-kyselyn. Tulosten mukaan toissijaiset tehtävät saattavat joissain tilanteissa heikentää kuljettajan ajosuoritusta. Vaikutuksia havaittiin ajonopeuden säätämisessä sekä valmiudessa reagoida odottamattomiin tapahtumiin liikenteessä. (Horberry ym., 2006.)

Osoitteensyöttö ja sen erilaiset tekniikat ovat olleet kiinnostava aihe ajosimulaattoritutkimuksen parissa. Tsimhoni, Smith ja Green (2009) selvittivät, onko puheentunnistuksella vai kosketusnäytön näppäimistöllä osoitteen syöttäminen parempi tapa. Tutkimuksessa kuljettajat ajoivat ajosimulaattorilla vaativuustasoltaan kolmenlaisilla teillä. Tie oli suora tai siinä oli loivia tai jyrkkiä mutkia. Koehenkilöt suorittivat osoitteensyöttötehtävät manuaalisesti kosketusnäytön näppäimistöllä ja sekä sanojen että merkkien tunnistukseen perustuvalla puheentunnistuksella. Tehtävien suorituksen aikana mitattiin ajoneuvon kontrollia, itse tehtävien onnistumista, katseiden pituuksia sekä kuljettajan kokemaa subjektiivista näkemystä tehtävistä. Sanoihin perustuva puheentunnistus oli ajon aikana nopein ja turvallisimmaksi koettu menetelmä merkkeihin perustuvan puheentunnistuksen tullessa seuraavana. Kosketusnäytön näppäimistö oli pysähdyksissä nopein osoitteensyöttömetodi, mutta ajon aikana se oli hitain ja kuljettajat kokivat sen vaarallisimmaksi. (Tsimhoni ym., 2009.)

Manuaalista ja puheeseen perustuvaa vuorovaikutusta tutkivat myös Maciej ja Vollrath (2009). Heidän oletuksenaan oli, että puheeseen perustuva vuorovaikutus on manuaalista huomattavasti parempaa ja turvallisempaa. Koehenkilöt ajoivat suoraa tietä, jossa he vaihtoivat kaistalta toiseen ja suorittivat samalla toissijaisia tehtäviä. Suorituksesta mitattiin reaktioaikaa, katsekäyttäytymistä ja subjektiivista kokemusta. Toissijaiset tehtävät suoritettiin neljällä erilaisella laitteella, jotka olivat musiikin etsiminen, soittaminen ja osoitteen syöttäminen sekä tiettyjen pisteiden etsiminen eri kaupungeista. Tehtävät suoritet-

tiin aina manuaalisella laitteella sekä puheohjauksella. Puheohjaus pääsääntöisesti vähensi tiestä pois suuntautuvien katseiden määrää, ja koehenkilöiden ajokyky oli parempi puheohjaustehtävissä kuin manuaalisia tehtäviä suorittaessa. Vaikka puheohjaus selkeästi olikin visuaalisesti vähemmän vaativa, kuljettajat eivät kuitenkaan selvinneet tehtävistä yhtä hyvin kuin ilman toissijaisia tehtäviä ajaessaan. (Maciej & Vollrath, 2009.)

Burnett, Lawson, Millen ja Pickering (2011) halusivat tietää, millaiset tehtävät ja syöttölaitteet soveltuvat parhaiten ajon aikana käytettäviksi. Koehenkilöt suorittivat erilaisia tehtäviä kosketusalustalla, kosketusnäytöllä tai rotaatiopyörällä laitetta ohjaten. He ajoivat tehtäviä suorittaessaan kolmikaistaisella moottoritieellä, jossa oli muutakin simuloitua liikennettä sekä mutkia. Tehtävinä oli valikosta valitseminen yhdellä ja kahdella askeleella, ilmastointilaitteen säätäminen asteiden tai liukuvalikon avulla eri tehokkuuksille, puhelinnumeron syöttäminen ja radioaseman valitseminen listasta. Suorituksista mitattiin subjektiivista kokemusta, toissijaisen tehtävän vaativuutta ajan ja tiestä pois suuntautuvien katseiden perusteella sekä ajamista nopeuden ja tiellä pysymisen perusteella. Kosketusalustan ja kosketusnäytön kohdalla ilmeni suuria tehtäväkohtaisia eroja. Kosketusalusta oli paras helpoissa tehtävissä, jossa piti esimerkiksi liu'uttamalla säätää ilmastointia, kun taas kosketusnäyttö toimi parhaiten sellaisissa tehtävissä, joissa valittiin listasta esimerkiksi radioasema. Rotaatiopyörästä eivät koehenkilöt välittäneet ja sen käyttö oli myös hitainta ja visuaalisesti haastavinta. (Burnett ym., 2011.)

Kujala ja Saariluoma (2011) vertailivat kahdessa tutkimuksessa erilaisia valikkotyylejä (taulukkotyylinen ja lista) ja valikon kohteiden lukumäärää sekä kosketusnäytön vierityksen vaikutuksia visuaalisen valikoinnin tehokkuudessa. Tutkimusmetodinä käytettiin erilaista valikkorakennetta, listaa tai taulukkoa, (between-subject) ja kohteiden lukumäärää (within-subject) ja data kerättiin silmänliikekameran ja videokameroiden avulla. Tutkimuksessa havaittiin, että katseiden keston pituus oli merkitsevästi pidempi koehenkilöillä, jotka käyttivät taulukkotyylistä valikkoa kuin listaa käyttäneillä koehenkilöillä. Listan selaaminen ja kohteen löytäminen oli merkitsevästi nopeampaa ja helpompaa kuin taulukon, jossa väriä valintoja syntyi useammin. (Kujala & Saariluoma, 2011.)

Lasch ja Kujala (2012) olivat kiinnostuneita musiikin kuuntelusta ja selaamisesta ajon aikana, sillä tyypillisenä ajon aikaisena tehtävänä se kuitenkin oli jäänyt hieman matkapuhelinten ja navigoinnin varjoon. Tutkimus käsitteli musiikkilaitteen suunnittelua, eikä suoraan kuljettajan tarkkaamattomuuden tutkimusta. Kolareiden ja onnettomuuksien välttämiseksi ajon aikana käytettävien laitteiden hyvä ja tieteellisesti perusteltuihin faktoihin nojaava suunnittelu on ensiarvoisen tärkeää. Tutkimuksessa mitattiin visuaalisen valikoinnin tehokkuutta ja visuaalista vaativuutta katseiden perusteella sekä ajamisen suorituskykyä kaistojen ylittämisten avulla. Musiikkilaitetta selattiin joko pyyhkäisemällä, kineettisesti tai nappien avulla ja ruudulla oli kerrallaan näkyvissä kolme, viisi tai seitsemän valittavaa kohdetta ja ruutu oli joko pysty- tai vaakasuunnassa. Lisäksi koettua kuormittavuutta mitattiin NASA-TLX-kyselyn avul-

la. Tutkimuksessa huomattiin, että pyyhkäisy osoittautui vähiten häiritseväksi vieritysmetodiksi. Lisätutkimusta tarvitaan valittavien kohteiden parhaan lukumäärän todistamiseksi, mutta näytti siltä, ettei yli seitsemän kohdetta ruudulla sovi ajamisen aikana käytettävään laitteeseen, koska tehtävän suorittamisen vaativuus kasvaa liikaa. Ruudun asemoinnilla ei ollut merkitseviä vaikutuksia. Turvallisen ajamisen kannalta näyttää siltä, että musiikin selaaminen on melko kuormittava tehtävä ajon aikana perustuen yli 2,0 sekunnin pois tiestä suuntautuvien katseiden lukumäärään tutkimuksessa. (Lasch & Kujala, 2012.)

Lee, Gibson ja Lee (2015) jakoivat tutkimuksessaan kuljettajat eri ryhmiin heidän vilkuilukäyttäytymisensä perusteella ja vertailivat ryhmien ajokykyä. Koehenkilöitä kehoitettiin ajamaan tietyllä nopeudella ja pitämään tietty etäisyys edellä kulkevaan autoon. Toissijaisena tehtävänä kuljettajien tuli lukea teksti yhdeltä tai kahdelta näytöltä sekä kahdelta näytöltä, kun järjestelmässä oli viivettä. Kuljettajien tehtävänä oli lukea teksti ja lukemisen jälkeen painaa nappia, jotta teksti hävisi. Kuljettajien silmänliikkeitä mitattiin kameran avulla. Tulosten perusteella jotkut kuljettajat tapasivat katsoa takaisin tielle ennen näyttöä vaihtavan napin painamista, kun taas toiset eivät. Ennen painamista katsovat koehenkilöt olivat pääsääntöisesti vanhempia kuljettajia, kun taas painamisen jälkeen katsovat olivat nuorempia. Heillä pois tiestä suuntautuvien katseiden keskipituus oli muita pidempi. Lyhyempään tiestä pois katsovat koehenkilöt osoittautuivat intensiivisemmiksi kuljettajiksi, joille ajoneuvon hallitseminen saattoi olla kuitenkin hankalampaa. Kuljettajien vilkaisustrategiat saattavat aiheuttaa vaarallista käytöstä ajon aikana, mikä voi johtua epävarmuuden kasvamisesta. (Lee ym., 2015.)

Broström, Bengtsson ja Aust (2016) esittelivät tutkimuksessaan käyttäytymisen eroavaisuuksien vaikutusta ajon aikana suoritettaviin tehtäviin. Käyttäytymisen erojen olemassaolosta on tieteellistäkin näyttöä (esimerkiksi Wierville, 1993; Donmetz ym., 2010). Tutkimuksessa kuljettajat käyttivät kuutta erilaista informaatiojärjestelmää, minkä aikana mitattiin silmänliikkeitä. Broström ym. (2016) määrittelivät tutkimuksensa tulosten mukaan neljä erilaista käyttäytymisryhmää tiestä pois suuntautuvien katseiden perusteella. Optimoijien tiestä pois suuntautuvien katseiden pituudet olivat keskimäärin alle 0,8 sekuntia ja he katsoivat tehtävän osan aikana kerran pois tiestä. Normaalit vilkuilijat katsoivat tiestä pois kolmesti tehtävän osan aikana ja katseet kestivät alle 1,6 sekuntia. Alle 15 % katseista kesti yli 2,0 sekuntia. Pitkään vilkuilevat katsoivat pois tiestä yli 1,6 sekuntia, tai yli 15 % pois tiestä suuntautuvista katseista kesti yli 2,0 sekuntia. Toistuvasti vilkuilevat katsoivat yli kolmesti tehtävän osan aikana pois tiestä. (Broström ym., 2016.)

2.3 National Highway Traffic Safety Administrationin mitauskriteerit

National Highway Traffic Safety Administration eli NHTSA on tutkinut kuljettajan tarkkaamattomuutta ja liikenteen turvallisuutta jo yli 25 vuoden ajan. Huolenaiheena ovat olleet ajoneuvoissa koko ajan lisääntyvät teknologiat, joita käytetään ajamisen aikana. Nämä teknologiat ja muut kuljettajan ajon aikana suorittamat tehtävät kuten ikkunan avaaminen, peilin säätäminen tai soittaminen saattaa ohjata kuljettajan huomion itse ajotehtävästä muualle ja saattavat kasvattaa kolarin riskiä. Erilaiset tehtävät on jaettu neljään eri kategoriaan aistien mukaan: visuaalinen häiriö, auditiivinen häiriö, biomekaaninen häiriö ja kognitiivinen häiriö. Esimerkkeinä näistä häiriöistä ovat muun muassa katseen siirtyminen pois tiestä, puhelun vastaanottaminen, radion äänenvoimakkuuden säätäminen ja ajatusten harhailu. Jotkut tehtävät saattavat aiheuttaa useamman aistin kuormitusta. Sen vuoksi NHTSA on kiinnostunut näiden riskien tutkimisesta ja ratkaisuista. (NHTSA, 2003; Ranney, Mazzae, Garrott & Goodman, 2000.)

Tyypillinen syy kolariin on kuljettajan tarkkaamattomuus, joka voi ilmetä esimerkiksi radion säätämisenä tai tienvarsimainosten katsomisena, huolimattomuutena, tai kuljettajan nukahtamisena. Kuljettaja voi olla katsonut ympärilleen, mutta ei ole huomannut ympäristössä esiintyvää häiriötä. Jo 1990-luvun taitteessa jopa yli puolet kolareista liittyi nimenomaan kuljettajan tarkkaamattomuuteen (Wierville & Tijerina, 1996). Teknologinen kehitys on sen jälkeen suuresti motivoinut NHTSA:ta tutkimaan kuljettajan tarkkaamattomuutta ja ajon aikana käytettävien laitteiden kehitystä ja suunnittelua. Aiheen parissa onkin uurastettu useiden erilaisten tutkimusten kanssa. (NHTSA, 2013; Ranney ym., 2000.)

NHTSA:lla on käytössään Ranneyn ym. (2000) mukaan teknisesti maailman kehittynein ajosimulaattori, NADS (The National Advanced Driving Simulator). Ajosimulaattoria voidaan käyttää laajasti ajamisen ja tarkkaamattomuuden tutkimiseen, koska se antaa ainutkertaisen mahdollisuuden realistiseen ja samaan aikaan täysin turvalliseen ajamiseen. Ajosimulaattorissa pystytään helposti suorittamaan erilaisia tehtäviä ajon aikana ja muun muassa tietynlaiset sääolosuhteet pystytään simuloimaan. (NHTSA, 2013; Ranney ym., 2000.)

Tutkimukseensa pohjautuen NHTSA on luonut suositukset kuljettajan visuaalis-manuaalista tarkkaamattomuutta ajoneuvon sisällä käytettävien elektronisten laitteiden käyttöä varten. Suositukset perustuvat osittain The Alliance of Automobile Manufacturers:in suositukseen vuodelta 2006. Suositukset on luotu laitteiden valmistajia varten ja niiden tarkoituksena on vähentää kolareita, jotka johtuvat kuljettajan tarkkaamattomuudesta laitteiden käytön vuoksi. Suositukset antavat ohjeita myös laitteiden turvallisuuden tutkimiseksi tarvittavasta ajosimulaattorilaitteistosta koehenkilöiden valintaan ja harjoitusten tekemisestä tehtäväskenaarioihin ja proseduriin. Suositus perustuu kuljettajan ajo-

neuvon sisäisten katseiden lukumäärään ja NHTSA onkin määritellyt kolme suositusta hyväksytyin suorituksen määrittämiseksi:

1. kriteeri: vähintään 21 koehenkilöllä 24:stä pois tiestä suuntautuvista katseista korkeintaan 15 % saa kestää yli 2,0 sekuntia
2. kriteeri: vähintään 21 koehenkilöllä 24:stä pois tiestä suuntautuvien katseiden keskipituus ei saa ylittää 2,0 sekuntia
3. kriteeri: koehenkilön pois tiestä suuntautuvien katseiden kokonaispituus ei ylitä yhdessä tehtävässä 12,0 sekuntia. (NHTSA, 2013.)

NHTSA:n suositukset ovat saaneet osakseen kritiikkiä. Kujalan, Lasch:n ja Mäkelän (2014) mukaan NHTSA:n antamille verifikaatorajoille ei ole vahvaa teoreettista näyttöä ja hyväksymisperusteita on arvioitu hyvin vähän. Tehtävässä käytetyn skenaarion visuaalinen vaatavuus ylipäättään on tuntematon, joten hyväksymisrajojen perusteella ei vielä voida todistaa visuaalisen käyttäytymisen olevan riskialtista tietyssä skenaariossa. Kujala ym. (2014) tutkivat erilaisten navigointitehtävien avulla NHTSA:n kriteerien täyttymistä ja tulivat siihen tulokseen, että NHTSA:n ohjeistus ja kriteerit vaativat vielä työtä kehittämisen parissa ja ajosimulaattorien sekä tehtävien standardoiminen on tärkeää vertailtavuuden saavuttamiseksi. Yli kahden sekunnin aikaraja katseen ollessa pois tiestä näyttää tutkimuksen perusteella relevantimmalta mittarilta kuin katseiden yhteispituuden laskeminen. Yksi kritiikin aihe oli myös tehtävien suorittamisen ja tosielämän vastaamattomuus, sillä NHTSA:n ohjeiden mukaan tehtävät suoritetaan tietyssä nopeudessa ja tietyn matkan päässä edellä ajavasta autosta suoralla tiellä. Oikeassa maailmassa ajaminen pitää tietenkin sisällään paljon muitakin huomioitavia asioita. (Kujala ym., 2014.)

Young (2016) kritisoi voimakkaasti NHTSA:n 12,0 sekunnin katseiden yhteispituuden tarkoituksenmukaisuutta. Young tutki NHTSA:n dataa, jonka perusteella 12,0 sekunnin katseiden yhteispituuden raja on määritelty ja huomasi vääristymiä. Ongelmia esiintyi koehenkilöiden ikäjakaumassa, tehtävien jakautumisessa, testien toistettavuudessa, persentiileissä, testattavien radioiden lukumäärässä sekä testien suorittamisella testiradalla simulaattorin sijasta. Koehenkilöiden ikäbalansointi ei ollut onnistunut, vaan suosi kolmea nuorinta ikäryhmää, joiden TEORT (katse poissa tiestä yli 12,0 sekuntia) on tyypillisesti lyhyempi kuin vanhempien. Radiotehtävät jakaantuivat heterogeenisesti koehenkilöiden kesken ja toistettavuus oli huonoa koehenkilöiden vaihtelun takia. Kriteeristön persentiiliraja oli asetettu erilaiseksi (85. persentiili) kuin mitä tutkimuksessa oli käytetty (87,5. persentiili), mikä saattaa aiheuttaa merkitsevän eron tehtävissä. NHTSA:n simulaattoritestissä oli käytetty vain yhtä radiotehtävää ja käytti rajojen luomisessa ratatehtäviä. Radalla ja simulaattorissa tehtävät testit ovat erilaisia, joten niitä ei voida pitää täysin vertailukelpoisina. Tällöin koko kriteereiltä putoaa pohja. (Young, 2016.)

Rydström, Aust, Broström ja Victor (2015) arvioivat NHTSA:n visuaalimanuaalisen ohjeistuksen toistettavuutta. Tutkimuksessa seurattiin tarkasti NHTSA:n ohjeistusta koehenkilöiden valinnasta ja testiasetelmasta. Koehenkilöitä valittiin 48 ja he suorittivat yhteensä yhdeksän erilaista tehtävää ajosimu-

laattorilla. Tulosten mukaan toistettavuudessa on puutteita, jotka näyttävät johtuvan enemmän kriteerien asettamisesta kuin testin suorittamisesta. Tutkimuksessa ilmeni, että tehtävissä oli jonkin verran epä johdonmukaisuutta tiestä pois suuntautuvien katseiden 2,0 sekunnin rajojen kanssa, mutta tiestä pois suuntautuvien katseiden kokonaisajan kriteeri 12,0 sekuntia vaikutti olevan melko stabiili. (Rydström ym., 2015.) Tämän tutkimuksen tulokset ovat siis ristiriidassa Kujalan ym. 2014 tutkimuksen kanssa, joskin Rydström ym. 2015 arvelivat, että osa epä johdonmukaisuudesta saattaisi johtua metodologisista syistä, esimerkiksi kokeen suorittajien pienistä toimintatapaeroista.

Yksilöiden välisien erojen mahdollista vaikutusta NHTSA:n ohjeistuksen suhteen tutkivat Broström ym. (2016). Ihmiset käyttäytyvät eri tavoilla ja käytöksen eroilla saattaa olla merkitsevä ero NHTSA:n kriteereiden toimivuuden kannalta. Tutkimuksessa 18 koehenkilöä suorittivat radion ja äänen säätämistä ja navigointiin liittyviä tehtäviä tutkimusta varten kehitetyllä informaatiojärjestelmällä (IVIS, In-Vehicle Information System). NHTSA:n kriteereihin ei tässä tutkimuksessa päästy täysin. Tutkijoiden mukaan NHTSA:n ohjeistuksessa ei ole otettu huomioon kuljettajien eroavaisuuksia, vaan valitsemalla satunnaisen joukon ihmisiä, tulosten odotetaan aina olevan samankaltaisia. Broström ym. (2016) ehdottavatkin, että NHTSA:n ohjeistuksia koehenkilöiden osalta tulisi normalisoida eri katsomisstrategioiden osalta, jolloin tulokset voisivat olla paremmin linjassa erilaisten ihmisten käyttäytymisen kanssa.

2.4 Okklusiopohjainen tarkkaamattomuuden mittausmenetelmä

Ajamisen visuaalinen vaatavuus vaikuttaa ratkaisevasti siihen, millaisia tehtäviä kuljettaja voi ajon aikana suorittaa vaarantamatta itseään tai muita. Kujala ja Mäkelä (2015) kehittivät vaihtoehtoisen mittausmenetelmän, okklusiopohjaisen tarkkaamattomuuden mittausmetodin (ODMM, occlusion-based distraction measurement method), tyytymättömyydestä NHTSA:n ohjeiden ja kriteerien luotettavuuteen ja yleistettävyyteen. Toisin kuin NHTSA:n ohjeissa, okklusiopohjaisessa tarkkaamattomuuden mittausmenetelmässä kuljettaja saa dynaamisesti itse säätää ajonopeuden ja ajokäyttäytymisensä simuloitussa mutta realistisessa ympäristössä, mikä mahdollistaisi luotettavamman menetelmän tarkkaamattomuuden mittaamiseksi. (Kujala & Mäkelä, 2015.)

Visuaalista okklusiota on käytetty ajamisen visuaalisen vaatavuuden tutkimiseen aikaisemminkin (esimerkiksi Senders, Kristofferson, Levison, Dietrich, & Ward, 1967; Tsimhoni & Green, 1999). Menetelmässä kuljettaja saa tien näkyviin puoleksi sekunniksi kerrallaan painamalla määriteltyä painiketta. Muuten näkymä on pimennetty. Tyypillisesti sokkona ajamisessa on mitattu okklusioaikaa (*OT, occlusion time*), eli sitä aikaa, jonka kuljettaja ajaa näkemättä tietä. Okklusioaika mittaa ajamisen visuaalista vaatavuutta tehtävään liittyvien tapahtumien tiheytenä tietyllä aikavälillä. (Kujala & Mäkelä, 2015; Kujala, Mäkelä,

Kotilainen & Tokkonen, 2016; Tsimhoni & Green, 1999.) Tehtävään liittyvät tapahtumat voivat olla mitä tahansa tavoitteen kannalta relevantteja tapahtumia, mihin kuljettaja ajaessaan törmää avaruudellisessa ympäristössä. Liikennevalon vaihtuminen, jalankulkijan tai risteysalueiden kylttien havaitseminen tai tiellä pysymisen haasteet ovat esimerkkejä tehtäviin liittyvistä tapahtumista.

Tutkimuksessaan Kujala ja Mäkelä (2015) mittasivat sitä matkaa, jonka kuljettajat suostuivat ajamaan näkemättä tietä ja ajo-ohjeita. Tämä on okklusiomatka (*OD, occlusion distance*), ja sen on huomattu soveltuvan tehtävään liittyvien tapahtumien tiheyden funktioksi, vaikka se ei itsessään kerro, kuinka kuljettaja prosessoi saamaansa informaatiota tietyllä aikavälillä. Okklusiomatka mittaa koettua tehtäviin liittyvää tapahtumien tiheyttä tietyllä etäisyyden intervalleilla. Se näyttää olevan hyödyllinen mittari tehtävään liittyvien tapahtumien tiheyden arvioinnissa realistisen kaltaisessa liikenneympäristössä, jossa kuljettaja voi itse säätää ajonopeutensa. (Kujala, Mäkelä & ym., 2016.) Oletuksena on, että mitä vähemmän visuaalisia haasteita ympäristössä on, sitä pidemmäksi okklusiomatka muodostuu (Kujala & Mäkelä, 2015). Taustalla voi olla muitakin tekijöitä, esimerkiksi mikä selittää suuret yksilölliset erot okklusiomatassa samassa kohdassa tietä, mikäli okklusiomatkaa käytetään yleisenä visuaalisen vaativuuden mittarina.

Kujala ja Mäkelä (2015) määrittivät 97 koehenkilön avulla reittikartan, joka on jaettu metri kertaa metrin ruudukoksi. Kullekin ruudulle on asetettu okklusiomatkan mediaaniarvo. Jokaista ruutua varten laskettiin algoritmin avulla, kuinka monella kuljettajalla on datapiste metrin säteellä alueesta. Datapiste tarkoittaa sitä sijaintia, jossa kuljettaja painaa määrättyä painiketta saadaakseen tien näkyville puoleksi sekunniksi. Datapisteitä tuli olla vähintään 70 kuljettajalta, jotta karttapiste edustaisi otosta. Mikäli datapisteitä ei ollut riittävästi, laajennettiin aluetta 2 metrin säteelle ja jos edelleenkin riittävää määrää pisteitä ei ollut, laajennettiin alue 3 metrin säteelle. Mikäli silloinkaan ei ollut piste määritettiin reitin ulkopuoliseksi. Sen jälkeen verrattiin kuljettajien todellista okklusiomatkaa ruudukon okklusiomatkojen mediaaniin. Niiden, sekä mitatun nopeuden, avulla laskettiin sellainen kynnysaika, jonka kuljettaja voi hyväksyttävästi katsoa pois tiestä. (Kujala & Mäkelä, 2015.)

NHTSA:n rajojen mukaan korkeintaan 15 % kuljettajan katseista voi suuntautua pois tiestä. Samaa rajaa käyttivät myös Kujala ja Mäkelä (2015) määritellään kullekin karttaruudulle okklusiomatkan. Kuljettajan käyttäytymistä voitiin siis pitää riskialttiina, mikäli okklusiomatka oli yli 15 % pidempi kuin ruudukon datapisteiden okklusiomatkojen mediaani. Näiden perusteella huomattiin, että joskus jo yhden sekunnin katse pois tiestä voi olla liikaa ja aiheuttaa vaaratilanteen, vaikka yleisesti 1,5 sekunnin (Wierville, 1993) tai 2,0 sekunnin (NHTSA, 2013) pois tiestä suuntautuvia katseita on pidetty vaarallisena. Kuljettajien katse- ja ajokäyttäytymisen välillä huomattiin kuitenkin jonkin verran suuriakin yksilöllisiä eroja. Sen perusteella harkittiin yksilöllisiä epävarmuusrajoja, mutta näistä rajoista luovuttiin muun muassa siksi, että yksittäiset tekijät saattaisivat vääristää arvoja liikaa ja yksilön käyttäytyminen ajaessa voi riippua useista asioista, joita ei välttämättä pystytä vakioimaan. Siksi tutkimuk-

nessa päädyttiin suositteluun testausta yleisillä rajoilla. (Kujala & Mäkelä, 2015.)

Edellisten mittausten pohjalta Kujala ja Mäkelä (2015) loivat liikennevalovertauksen kuvaamaan pois tiestä suuntautuvien katseiden hyväksyttävyyttä. Vihreä tarkoittaa sellaista okklusiomatkan mediaania jota voidaan pitää oletettavasti turvallisena. Oletuksena on myös, että kuljettajat ovat käyttäytyneet keskimäärin varovaisesti. Oranssi tarkoittaa okklusiomatkoja, jotka jäävät okklusiomatkojen mediaanin ja okklusiomatkojen 85. persentiilin väliin. Näistä matkoista ei voida varmuudella määrittellä katseiden turvallisuutta. Punainen tarkoittaa okklusiomatkojen 85. persentiilin ylittäviä matkoja, jolloin pois tiestä suuntautuvat katseet ovat otoksen populaation perusteella ehdottomasti mahdotonta hyväksyä. Tavoitteena on luonnollisesti järjestää autossa tehtävien tehtävien visuaalinen vaatavuus sellaiseksi, että katseet pysyvät vihreällä alueella. Taustaoletuksena on se, että toissijainen tehtävä häiritsee kuljettajan visuaalisen tarkkaavuuden kontrollia, jolloin kuljettaja toimii vastoin sellaista toimintamallia, jonka mukaan hän normaalisti toimisi ja siten saattaa aiheutua ajoneuvon kuljettamista haastava tilanne. Häiritsevyys saattaa johtua esimerkiksi tehtävän kognitiivisesta kuormituksesta, rakenteesta tai jostakin mahdollisesti kuormittavasta ominaisuudesta. (Kujala & Mäkelä, 2015.)

Liikennevalovertauksen pohjalta on määritetty verifikaatorajat punaisille ja vihreille katseille. Punaisille katseille on määritetty verifikaatorajaksi korkeintaan kuusi prosenttia, mikä on 85. persentiilin okklusiomatkan mediaani. Vihreiden katseiden verifikaatoraja on yli 68 prosenttia ja se on muodostettu okklusiomatkojen mediaanien siitä mediaanista, joka on kuljettajaotoksen okklusiomatkojen mediaani kyseisessä tien pisteessä. (Kujala, Grahn, Mäkelä & Lasch, 2016.)

Menetelmän etuna on erityisesti se, että kuljettaja voi säätää ajonopeutensa itse, jolloin hän pystyy hyödyntämään oikean maailman ajotaitojaan tehtäviä suorittaessaan ja siten testaaminen on luonnollisempaa. Huomionarvoista on myös se, että aiemmassakin tutkimuksessa (Victor ym., 2014) on huomattu ajonopeuden vaikuttavan merkittävästi yli kahden sekunnin tiestä pois suuntautuvan katseen riskiin aiheuttaa onnettomuus. Erilaisia tilanteita, kuten navigointia, pystytään testaamaan paremmin okklusiopohjaisen tarkkaamattomuuden mittausmenetelmän avulla siten, että mittaustilanne vastaa paremmin todellisen maailman ajotilannetta. Toisaalta menetelmää kehitettäessä mittaukset on tehty tyhjillä tai lähes tyhjillä teillä. Mittari mittaa ajotehtävän avaruudellista vaatuvuutta, eikä siksi sovellu dynaamisiin vuorovaikutustilanteisiin vaikkapa muun liikenteen kanssa, koska tilanteen identtinen kopioiminen testitilanteeseen on haastavaa. (Kujala & Mäkelä, 2015.)

2.5 Tutkimuskysymykset ja hypoteesit

NHTSA:n ohjeistusten ja kriteerien saaman kritiikin valossa mielenkiinnon kohteena on tutkia, onko okklusiopohjainen tarkkaamattomuuden mittaussuunnitelma luotettavampi, yleistettävämpi ja ekologisesti pätevämpi mittari kuljettajan tarkkaamattomuuden tutkimiseksi. Tutkimusta ohjaamaan on määritelty seuraavat tutkimuskysymykset:

1. Ovatko mittareiden reliabiliteetti ja validiteetti riittävät?
2. Ovatko asetetut verifikaatorajat soveltuvat?

Tutkimuskysymysten pohjalta on johdettu seuraavat hypoteesit:

H1: Okklusiopohjaisen tarkkaamattomuuden mittaussuunnitelman reliabiliteetti on riittävä. Reliabiliteetti tarkoittaa tutkimuksen yleistettävyyttä ja toistettavuutta. Jotta mittaussuunnitelma voidaan todeta olevan käyttökelpoinen, on reliabiliteetin oltava riittävä, eli korrelaation on oltava selkeä tai Cronbachin alfan oltava suurempi kuin 0,7.

H2: Okklusiopohjaisen tarkkaamattomuuden mittaussuunnitelman validiteetti on riittävä. Validius tarkoittaa, että mittari mittaa sitä, mitä sen on tarkoitettu mittaavan ja toistettaessa se antaa samansuuntaisia tuloksia kuin aiempi tutkimus. Jotta mittaussuunnitelma voidaan todeta olevan käyttökelpoinen, on validiteetin oltava riittävä.

H3: Punaisten katseiden verifikaatoraja on soveltuva. Punaisten katseiden verifikaatoraja on kuusi prosenttia tai alle.

H4: Vihreiden katseiden verifikaatoraja on soveltuva. Vihreiden katseiden verifikaatoraja on 68 prosenttia tai yli.

Näihin kysymyksiin yritetään saada vastaus erilaisten Jyväskylän yliopistossa toteutettujen tutkimusten meta-analyysin avulla. Hypoteesit testataan tilastollisesti ja saatuja tuloksia arvioidaan sekä kvantitatiivisesti että aiemmin esitettyyn teoretiseen nojaten. Tulosten validiteettia arvioidaan eri näkökulmista mittareiden ja testiasetelmien välillä ja erilaiset tehtävät pyritään järjestämään vaatavuusjärjestykseen, mikäli se on mahdollista.

3 TUTKIMUKSEN MENETELMÄT JA TOTEUTUS

Tässä luvussa kerrotaan, kuinka tämä pro gradu-tutkimus on toteutettu lähtien lyhyestä metodologiakatsauksesta, päätyen tarkempaan kuvaukseen tutkimuksen kulusta. Keskiössä on mistä, miten ja millaista tietoa on hankittu ja perustellaan, miksi tiettyihin ratkaisuihin on päädytty. Aineisto ja analysointitekniikat esitellään myös.

3.1 Metodologiaa

Tieteellisen tutkimuksen tekemiseen vaikuttaa aina joukko luonteeltaan filosofisia oletuksia. Ne ohjaavat sekä selittävät ratkaisuja, jotka on valittu tutkimuksen lähtökohdiksi ja niiden avulla myös perustellaan valitut ratkaisut ja metodit. Erilaisten tieteen ja tutkimuksen suuntausten taustalla vaikuttavat ennen kaikkea ontologiset ja epistemologiset käsitykset. Ontologia pitää sisällään kysymyksiä todellisuuden luonteesta, kun taas epistemologian, eli tieto-opin taustalla on tietämisen luonne ja alkuperä sekä tiedon muodostaminen. Jotta valitut metodit olisivat perusteltavissa, on syytä pohtia metodologisia seikkoja ja pysyttävä perustelemaan, miksi kyseinen metodi on valittu, miten tutkimus kohdentuu tutkittuun kohteeseen ja onko metodi ylipäättään mahdollinen toteuttaa. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara, 2004, 120–122.) Tutkimuksen strategian valintaa pohdittaessa Yin (2014, 9-13) kehottaa tutkijaa kysymään itseltään, mikä on tutkimusongelman muoto; onko se kartoittava, kuvaava, ennustava vai selittävä? Kuvaako tutkimus tietynlaista pakotettua käyttäytymistä vai luonnollista ilmiötä? Sijoittuuko tutkimuksen kohde nykyaikaan vai menneisyyteen?

Ihmisen ja teknologian vuorovaikutuksen tutkimus on hyvin monitieteellistä, eikä perinteisiä tutkimusmetodeja välttämättä pystytä hyödyntämään suoraan (Cairns & Cox, 2008, xiii). Kuten tieteenalan nimikin kertoo, alan tutkimus pitää luonnollisesti sisällään koehenkilöiden kanssa työskentelyä, mikä lisää omat haasteensa luotettavan tutkimuksen tekemiseen. Koehenkilöiden täytyy ensinnäkin olla motivoituneita ja sopivia sekä ymmärtää, mihin he ovat osallis-

tumassa. Koehenkilöiden rekrytoiminen ja heidän kanssaan työskentely vaatii kokeen suorittajalta paljon ja lisäksi erilaiset vääristymät ovat aina mahdollisia. (Lazar, Feng & Hochheiser, 2010, 368-371.)

Jokinen (2015) on esitellyt väitöskirjassaan ihmisen ja teknologian vuoro-vaikutustutkimuksen (HTI) nelikenttämallin (taulukko 2). Nelikentän avulla voidaan tarkastella tutkimuksen metodologisia lähtökohtia. Tutkimus voi sijoitua yhteen tai useampaan nelikentän "laatikkoon" ja sitä voidaan käyttää pohjana tutkimuksen taustalla olevien oletusten pohdintaan ja analysointiin. (Jokinen, 2015.) Lyhyesti kuvattuna intentionaalisuus on mielen tietoisesti muodostama suhde ja kiinnostuksen kohde maailmassa; maailma tulee osaksi mielen maailmaa, kun sen on ensin kohdannut. Kausaalisuus taas pyrkii selvittämään syitä käyttäytymiseen ja jo tapahtuneeseen (Jokinen, 2015; Järvinen & Järvinen, 2000, 199-200).

TAULUKKO 2 HTI-tutkimuksen nelikenttä (Jokinen, 2015)

		Kausaalisuus	
		Ei	Kyllä
Intentionaalisuus	Ei	Behaviorismi (<i>Empirismi</i>)	Neurotiede (<i>Fysikalismi</i>)
	Kyllä	Subjektivismi (<i>Fenomenologia</i>)	Kognitivismi (<i>Funktionalismi</i>)

Empirismiä, erityisesti loogista empirismiä ja fenomenologiaa, kokemuksen rakenteiden tutkimista, pidetään toistensa vastakohtina, vaikka luonnontieteissä fenomenologit hyväksyvätkin empirismin. Fenomenologien mielestä loogisessa empirismissä on hävinnyt yhteys maailmaan, jonka tavallinen ihminen kokee. Tämän seurauksena tiede ei pysty kertomaan mitään tärkeää, koska sillä ei ole kosketusta inhimilliseen kokemukseen (Järvinen & Järvinen, 2000, 199.) Nelikentässä nämä käsitteet ovat taustana behaviorismille ja subjektivismille. Watsonin (1913) mukaan behavioristi tutkii kohdettaan täysin objektiivisesti ja kokeellisesti, jolloin ihmisiä ja eläimiä voidaan tutkia keskittymättä sisäiseen selittämiseen ja itsehavainnointiin. Behavioristisessa tutkimuksessa saadaan siis objektiivisesti mitattavia tuloksia. Subjektivismiin lähtökohtana ovat subjektin kokemus ja sen mentaaliset representaatiot objektiivisen havainnoinnin sijasta. (Jokinen, 2015.)

Fysikalismi pyrkii selittämään ihmisen käyttäytymistä erilaisten aivojen fyysikaalisten ilmiöiden avulla, mikä on mahdollistunut kuvantamislaitteiden kehittyessä. Sen pohjalta onkin kehittynyt oma alansa, neurotiede, joka jättää intentionaalisuuden huomiotta, mutta hyväksyy kausaaliset selitykset. Funktionalismin ja kognitivismiin perustana on tekeminen, joka ei ole riippuvainen tekijän sisäisestä tilasta mutta sillä on jokin tarkoitus. (Jokinen, 2015.)

Jokisen (2015) esittämään nelikenttään tämä pro gradu -tutkimus sijoittuu parhaiten behaviorismin ja empirismin kenttään aineistonsa luonteen vuoksi.

Kokeissa on kerätty aineistoa kontrolloiduissa olosuhteissa ja data koostuu puhtaasti mitattavista ja tilastollisesti testattavista havainnoista. Täysin puhtaasti behavioristisesta ja empiirisestä tutkimuksesta ei kuitenkaan ole kysymys, sillä taustalla on myös kognitiivisia oletuksia esimerkiksi epävarmuuden kokemuksesta visuaalista tarkkaavaisuutta ohjaavana tekijänä. Näistä johtuvat kuljettajien yksilölliset erot sekä kirjallisuuskatsauksen osalta subjektiiviselle arvioinnille ja pohdinnalle jäänyt tila voisivat olla pohjimmiltaan fenomenologisia.

Testien taustalla on myös vahva kausaalinen oletus siitä, että liian vaikea tai häiritsevä ajonaikainen tehtävä häiritsee kuljettajan visuaalisen tarkkaavaisuuden säätelyä. Tällöin kuljettajat, jotka tyypillisesti katsovat paljon tietä, saattavat katsoa laitteeseen kauemmin, mitä he tyypillisesti katsoisivat. Vaikutus voi johtua esimerkiksi tehtävän kognitiivisesta kuormituksesta tai tehtävän rakenteesta.

3.2 Tutkimusmenetelmät

Kokeellinen tutkimus ihmisen ja teknologian vuorovaikutustutkimuksessa on lähtöisin psykologian tutkimusmetodeista, ja sitä on käytetty laajasti alan tutkimuksessa (Blandford, Cox & Cairns, 2008, 1; Jokinen, 2015). Kokeellisessa tutkimuksessa mitataan tavallisesti, onko yhdellä muuttujalla merkitsevää vaikutusta toiseen muuttujaan. Kokeellisen tutkimuksen lähtökohtana on valita tietystä populaatiosta analysoitava näyte, jota tarkastellaan tietyllä kontrolloidulla koejärjestelyllä olosuhteita muunnellen. Tuloksena on numeerista dataa, jota voidaan analysoida kvantitatiivisesti eli määrällisesti, minkä avulla on tarkoitus testata jotakin hypoteesia. (Blandford ym., 2008, 1-3; Hirsijärvi ym., 2004, 125.)

Kokeellisen tutkimuksen ja erityisesti loogisen empirismin taustalla on ajatus siitä, että tieto riippuu neutraaleista ja varmoina pidetyistä havainnoista, joiden avulla voidaan vetää raja tieteen ja muun tiedon välille. Kokeita ja havaintoja onkin pidetty tieteen keskeisinä elementteinä. (Kiiikeri & Ylikoski 2004, 28–29.) Looginen empirismi pohjautuu fysikaaliseen tutkimukseen, jonka periaatteena on objektiivinen kvantitatiivinen mittaaminen (Järvinen & Järvinen 2000, 196–197). Empiirisen eli kokeellisen tutkimuksen lähtökohtien vastakohtana pidetään usein fenomenologisia lähtökohtia, mikä johtaa karkeaan kvantitatiivisuuden ja kvalitatiivisuuden erotteluun (Hirsijärvi ym., 2004, 120; Järvinen & Järvinen 2000, 199).

Tähän pro gradu –tutkimukseen kokeellinen, kvantitatiivinen tutkimus soveltuu hyvin, sillä tutkimuksen kohteena on jo olemassa oleva aineisto, jota analysoidaan tilastollisesti uuden tiedon tuottamiseksi. Havaintoja voidaan tehdä ainoastaan olemassa olevan numeerisen datan perusteella. Aineiston meta-analyysin avulla voidaan arvioida mielenkiinnon kohteena olevan okklusiopohjaisen tarkkaamattomuuden mittausmenetelmän validiteettia erilaisten tilastollisten menetelmien avulla.

Kirjallisuuskatsaus tehdään tutkimuksen teoreettisen taustan sekä olennaisten ongelmien selvittämiseksi. Sen avulla on tarkoitus objektiivisesti selvittää, millaisista lähtökohdista ja näkökulmista aihetta on aikaisemmin tarkasteltu, miten valittu aihe suhteutuu aikaisempaan tutkimukseen sekä miten se tuo uutta tietoa jo ennestään tiedettyyn. (Hirsijärvi ym., 2004, 111–113). Tässä pro gradu – tutkielmassa kirjallisuuskatsauksen pohjalta myös arvioidaan tutkimuksen tuloksia ja suhteutetaan niitä saatuihin kvantitatiivisiin tutkimustuloksiin.

3.3 Reliabiliteetti ja validiteetti

Reliabiliteetti tarkoittaa tutkimuksen yleistettävyyttä ja toistettavuutta, eli saadaanko samankaltaisista eri kontekstissa tehdyistä tutkimuksista samansuuntaisia tuloksia eri aikoina. Reliabiliteetti voidaan jakaa Baskervillen (1996) mukaan kolmeen eri tyyppiin, jotka ovat Don Quijoten tapainen, samanaikainen ja eriaikainen reliabiliteetti. Ensimmäinen tarkoittaa havainnointitekniikan laajuutta muuttumattomien mittaustuloksien tuottamiseksi, toinen samassa aikavälissä tehtyjen havaintojen samanlaisuutta ja viimeinen laajuutta, jolla havainnot pysyvät samanlaisina eri ajanhetkinä. (Järvinen & Järvinen, 2000, 172.)

Reliabiliteetin arvioinnin tunnuslukuna voidaan käyttää esimerkiksi psykologiasta tuttua Cronbachin alfaa. Cronbachin alpha on mittarin rakennevaliditeetin ja tarkemmin reliabiliteetin mittari (Cronbach, 1951). Reliabiliteetin osuus tässä kontekstissa on olennainen, koska mittarin luotettavuuden kannalta toistettavat tulokset ovat olennaisia ja tässä tutkimuksessa kiinnostuksen kohteena olevan ajosimulaattoritutkimuksen tulosten hyödyntämisen kannalta myös kriittisen tärkeä turvallisuustekijä.

Validiteettia voidaan tarkastella kahdesta erilaisesta näkökulmasta, jotka eivät ole toisiaan poissulkevia. Ensimmäinen tapa painottaa teorian alkiodien suhdetta ja toinen tapa havaintojen semantiikkaa. Ensimmäisen tavan kohdalla puhutaan sisäisestä ja ulkoisesta validiteetista ja toisen kohdalla rakenne-, kriteeri- ja sisältövaliditeetista. (Järvinen & Järvinen, 2000, 172.)

Sisäinen validiteetti tarkoittaa teorian tarjoaman kausaliteetin ja selitysten suhdetta todellisuuteen. Voidaan pohtia, ovatko tutkimuksen tulokset johdonmukaisia, onko kaikki relevantit taustatekijät huomioitu ja onko muuttujien väliset suhteet todellisia. Teorian kausaalianalyysin ja selitysten soveltaminen samanlaisiin ilmiöihin riittävässä laajuudessa tarkoittaa *ulkoista validiteettia*. Olennainen kysymys ulkoisen validiteetin arvioinnissa on, voidaanko tutkimuksen tulokset yleistää koskemaan koko perusjoukkoa. (Baskerville, 1996; Järvinen & Järvinen, 2000, 172–173.)

Tässä tutkimuksessa sisäisen ja ulkoisen validiteetin onnistumista on syytä arvioida siksi, että saataisiin selville, voidaanko okklusiopohjainen tarkkaamattomuuden mittaamenetelmä yleistää käsittämään erilaisten ajotilanteiden ja ajon aikana käytettävien laitteiden tutkimiseen niin, että verifikaatorajat ovat riittävät ja onnistuneiden tulosten jälkeen voidaan todeta tutkittavan tilan-

teen tai laitteen olevan riittävän turvallinen käyttää ajon aikana riittävän monissa erilaisissa tilanteissa ja erilaisten taustatekijöiden läsnä ollessa.

Rakennevaliditeetin osalta ollaan kiinnostuneita, ovatko perustapauksen tiedot suhteutettavissa testattavaan teoriaan, eli mittaako mittari sitä mitä sen on tarkoitus mitata ja kuinka toistettavissa se on. Rakennevaliditeetti vastaa pitkälti reliabiliteettia. *Kriteerivaliditeettia* arvioidessa tutkitaan, missä määrin perustapauksen tiedot ennustavat kriteerinä pidetyn tärkeän käytöksen muotoa. *Sisältövaliditeetti* pitää sisällään laajuuden, missä tapauksen tiedot heijastavat mitattavaa aluetta. (Baskerville, 1996; Järvinen & Järvinen, 2000, 172.) *Ekologinen validiteetti* tutkii sitä, missä määrin tulokset ja niistä vedetyt johtopäätökset vastaavat reaalimaailmaa (Heinrichs, 1990). Ekologiseen validiteettiin vaikuttavat esimerkiksi simulaattorin tarjoama mahdollisuus tutkia realistisenkaltaisia ajotilanteita niin, ettei kuljettaja voi kuitenkaan kuolla tai loukkaantua, eikä taloudellisia vahinkoja pääse syntymään mahdollisten vaaratilanteiden seurauksena.

Tämän tutkimuksen osalta reliabiliteetti ja ekologinen validiteetti ovat erityisen olennaisia arvioitavia, sillä tavoitteena on tietenkin ollut luoda sellainen mittari, jota voidaan luotettavasti käyttää nimenomaan ajon turvallisuuden mittaamiseen. Epäonnistunut mittari voi pahimmillaan aiheuttaa vakavia liikenneonnettomuuksia, ja siksi testin tavoitteena on mitata tarkkaavaisuuden lipsahduksia turvallisissa olosuhteissa. Kriteerivaliditeetin ja sisältövaliditeetin arviointi on jätetty rajauksen ulkopuolelle, sillä aineisto ei sovellu näiden tutkimiseen.

3.4 Aineisto

Tämän pro gradu –tutkielman aineistona on käytetty neljää Jyväskylän yliopistossa vuosina 2016-2017 tehtyä kokeellista ajosimulaattoritutkimusta. Aineisto koostuu kussakin tutkimuksessa 17–24 koehenkilön otantaan. Kokeissa on suoritettu erilaisia ajamisen visuaaliseen vaatimukseen ja kuormittavuuteen liittyviä tehtäviä, joita on mitattu muun muassa silmänliikekameran ja erilaisten kyselyiden ja testien avulla. Koettua kuormittavuutta mitattiin NASA-TLX-kyselyn avulla.

Koetta suunniteltaessa on tärkeää pohtia tarkasti, kuinka paljon on riittävä määrä koehenkilöitä, millaisia koehenkilöiden tulisi olla ja miten heidät rekrytoidaan (Blandford ym., 2008, 1-2; Lazar ym., 2010, 368-369). Tutkimuksen tarkoitus asettaa tietynlaiset raamit koehenkilöiden valinnalle: heidän tulee sopia koehenkilöiksi esimerkiksi koulutuksensa, ikänsä ja sukupuolensa osalta nimenomaan tekeillään olevaan tutkimukseen (Lazar ym., 2010, 369). Otannan pitäisi kattaa sellainen joukko ihmisiä, että tutkimuksessa on ylipäättään järkeä ja jotta tilastollisten testien tekeminen olisi mielekästä (Blandford ym., 2008, 2). Koehenkilöt itsessäänkin saattavat myös aiheuttaa epätarkkuutta tai jonkinlaisia painotusta kokeen tuloksiin, vaikka valinta olisi suoritettu kuinka huolellisesti tahansa, eikä sitä pysty etukäteen arvioimaan. (Lazar ym., 2010, 370-371).

Näissä kokeissa on pyritty seuraamaan NHTSA:n (2013) suosituksia koehenkilöiden valinnassa. Näiden suositusten mukaan koehenkilöillä tulee olla voimassa oleva ajokortti ja vuosittain ajokilometrejä tulisi kertyä vähintään 5000. Lisäksi koehenkilöillä tulisi olla normaali (tai piilolinssillä korjattu) näkökyky ja heidän tulisi olla perusterveitä. Koehenkilöiden iän tulisi jakautua tasaisesti 18-vuotiaista ylöspäin. (NHTSA, 2013). Koehenkilöt jaettiin NHTSA:n ohjeistuksen mukaan neljään ryhmään; 18–24-vuotiaat, 25–39-vuotiaat, 40–54-vuotiaat sekä yli 55-vuotiaat. Jokaisessa ryhmässä tulisi olla kolme miestä ja kolme naista.

Koehenkilöitä rekrytoitiin erilaisten sähköpostilistojen kautta pääasiassa sisäisesti Jyväskylän yliopistosta. Nuviz-tutkimukseen osallistui myös useita paikallisten moottoripyöräkerhojen jäseniä, jotka olivat kiinnostuneita kypäränäytöstä. Koehenkilöt palkittiin osallistumisesta elokuvalipulla. Osa koehenkilöistä käytti silmälaseja.

Simulaattorisairaus asettaa haasteita ajosimulaattoritutkimukselle (Boyle & Lee, 2010). Osa koehenkilöistä koki tutkimuksen aikana simulaattorisairauden oireita, joita ovat esimerkiksi suun kuivuminen, hikoilu ja pahoinvointi (Brooks ym., 2010). Erityisesti iäkkäämmät kuljettajat kärsivät simulaattorisairaudesta useammin (Roemaker, Cissell, Ball, Wadley & Edwards, 2003). Näiden kokeiden perusteella yli 40-vuotiaat naiset kärsivät simulaattorisairaudesta muita kuljettajia useammin. Siksi kokeissa usein jouduttiin yhdistämään kaksi viimeistä ikäryhmää ja valitsemaan miehiä naisia enemmän koehenkilöiksi.

Kun tutkimusta tehdään koehenkilöiden kanssa, tulee muistaa kiinnittää huomiota eettisiin näkökulmiin. Kolme tärkeintä lähtökohtaa ovat koehenkilöiden vapaaehtoisuus, tietoinen suostumus ja luottamuksellisuus. (Blandford ym., 2008, 2-3; Lazar ym., 2010, 368–369.) Koehenkilöt ilmoittautuivat itse kokeisiin. Heille annettiin allekirjoitettavaksi suostumuslomake, jossa kerrottiin tutkimuksen kulusta ja tarkoituksesta sekä kerrottiin, että tutkimuksen voi keskeyttää koska tahansa mistä tahansa syystä. Elokuvalipun sai, vaikka koe olisi jouduttu keskeyttämään. Lomakkeessa myös kerrottiin, että kokeet olivat luottamuksellisia ja aineisto käsiteltäisiin niin, ettei koehenkilöä voisi siitä tunnistaa.

Tässä tutkimuksessa on kolme koehenkilöä, joista kaksi on osallistunut kahteen tutkimukseen ja yksi kaikkiin kolmeen. Nämä kaikki tulokset ovat kuitenkin mukana otoksessa, sillä otokset ovat pieniä, eikä niitä ole haluttu entisestään pienentää. Jokaisessa kokeessa tehty okklusioajotehtävä on luonteeltaan sellainen, että sitä arvioitaessa olisi ehdottoman tärkeää poistaa useampaan kertaan osallistuneet koehenkilöt otoksesta. Kuitenkin tässä tapauksessa, kun kokeiden tehtävät eivät ole identtisiä, on päätetty aineiston luotettavuuden ja koon nimissä jättää koehenkilöt otokseen ja analysoida heidän kaikki tehtävnsä.

3.4.1 HERE AUI'16

Here AUI'16-tutkimuksen tarkoituksena oli olla ensimmäinen kontrolloitu kvantitatiivinen analyysi kuljettajan visuaalisesta tarkkaamattomuudesta audio-visuaalisia ohjeita antavan navigointinäytön avulla. Seuraavaa käännöstä

näyttävän indikaattorin paikkaa näytöllä vaihdeltiin niin, että indikaattori oli joko oikeassa yläkulmassa tai vasemmassa alakulmassa. Indikaattorin paikan vaihto oli eräänlainen toistettavuuden mittari. Oletuksena oli, että tämä pieni muutos ei vaikuta merkittävästi tuloksiin. Kokeessa suoritettiin myös okklusioajo sekä koehenkilöiden (N=24) koettua kuormittavuutta mitattiin NASA-TLX-kyselyn avulla. Lopuksi koehenkilöt täyttivät vielä epävarmuuden intoleranssiasteikon (Birrell, Meares, Wilkinson & Freeston, 2011).

3.4.2 FICONIC 2016

Ficonic-tutkimuksessa tutkittiin erilaisia tekstinsyöttätapoja ajon aikana käytettäväksi tarkoitettulla tablet-laitteen sovelluksella. Tehtävinä oli etsiä osoitteita, musiikkikappaleita ja yhteystietoja kolmella erilaisella tablet-laitteen tekstinsyöttötavalla, jotka olivat: näppäimistö, käsinkirjoitus ja puheohjaus. Aluksi harjoitustehtävien jälkeen koehenkilöt (N=17) ajoivat okklusioajon ja koettua kuormittavuutta mitattiin NASA-TLX-kyselyllä. Lopuksi koehenkilöt tekivät visuo-spatiaalista muistia tarkastelevan testin (Della Sala, Gray, Baddeley, Allamano & Wilson, 1999.)

3.4.3 NUVIZ 2016

Nuviz-tutkimuksessa vertailtiin puhelimen ja moottoripyöräkypäränäytön käyttöä ajon aikana. Koehenkilöt (N=24) suorittivat navigointitehtävät, etsivät kappaleita musiikkisoittimesta ja soittivat puhelulokin yhteystiedoille sekä Android-puhelimen että Nuviz Head-Up Displayn avulla. Koehenkilöt ajoivat myös okklusioajon ensimmäisenä tehtävänä harjoitusten jälkeen. Koettua kuormittavuutta mitattiin NASA-TLX-kyselyllä ja lopuksi koehenkilöt täyttivät vielä Zuckermanin (1964) elämyshakuisuusasteikon (Sensation Seeking Scale).

3.5 Tutkimusvälineistö

Kokeet suoritettiin Jyväskylän yliopiston Agora-rakennuksen ajosimulaattorilaboratoriossa, jossa on itse simulaattori sekä siihen liittyvät muut ohjaus- ja mittalaitteet, kuten silmänliikekamera. Laboratorioympäristö on vakioitu ja esimerkiksi laitteiden sijainnit ja valaistus pidettiin aina samanlaisena kunkin kokeen osalta. Kokeiden suorittamiseksi laadittiin tarkka proseduuri, jota seurattiin askel askeleelta jokaisen koehenkilön kohdalla.

Ajosimulaattori on rakennettu CKAS Mechatronics 2-DOF -liikealustalle. Tienäkymä koostuu kolmesta 40 tuuman LED-näytöstä, josta keskimmaisessä on nopeus- ja kierroslukumittari sekä taustapeili. Taustapeilit ovat sivunäytöissä. Ajosimulaattorissa on ohjauspyörä ja polkimet (Logitech G27) sekä penkki, jota voidaan säätää ajajan pituuden mukaan sopivalle etäisyydelle ratista ja polkimista. Ohjauspyörän takana on kaksi siivekettä, joihin on liitetty toimin-

nallisuuksia tiettyjä tehtäviä varten. Ohjauspyörään voidaan liittää myös moottoripyöräkypäränäytön ohjaimen.

Ajosimulaattorin ohjelmistona on myös raskaan kaluston ja linja-autojen kuljettajien koulutuksessa käytetty Eepsoft (<https://www.eepsoft.fi/>) ja käytettävä ajoympäristö tiestöltään oikeaan maanmittausdataan perustuva simulaatio Vantaalla sijaitsevan Martinlaakson alueesta. Rakennukset ja muut ympäristön objektit ovat kuitenkin kuvitteellisia. Navigaattoreita ja nopeusmittareita sekä silmänliikekameran (Dikablis 50 Hz) synkronointia varten ajosimulaattori lähettää GPS-dataa langattomasti. (Kujala ym., 2016). Ajosimulaattoriin on mahdollista lisätä tablet-laitteita tai puhelimia telineisiin ohjauspyörän viereen ja päälle.

3.6 Aineiston analyysimenetelmät

Kirjallisuuden perusteella tutkitaan, löytyykö aiemmasta tutkimuksesta eroja tai yhtäläisyyksiä tuloksien kanssa. Rakennevaliditeetin suhteen aineistoa käsitellään kvantitatiivisesti. Aineiston tilastollinen käsittely on jaettu kahteen osaan: reliabiliteettianalyysi ja Test – retest -analyysit.

Reliabiliteettianalyysissä tutkitaan mm. korrelaatioita ja Cronbachin alfoja. Test – retest -analyysissä suoritetaan erilaisia toistomittauksia ja vertaillaan esimerkiksi saman koehenkilön tuloksia eri kokeissa mittarin validiteetin arvioimiseksi sekä vertaillaan samankaltaisten tehtävien tuloksia suhteessa toisiinsa, koska saman mittauksen tulisi tuottaa eri aikoina ja eri koehenkilöillä samankaltaisia tuloksia. Analyysimenetelmänä käytetään ei-parametristä yhden otoksen Wilcoxonin merkittyjen sijalukujen testiä, sillä tyypillisesti pienissä aineissa normaalisuusoletus ei välttämättä päde, eikä siksi voida käyttää t-testiä. T-testissä myös tyypillisesti analysoidaan keskiarvoja, mutta tässä tapauksessa halutaan mittaukset tehdä mediaaneilla.

Aineistosta voitaisiin tutkia myös koettua kuormittavuutta ja verrata sitä okklusiopohjaisen tarkkaamattomuuden mittausmenetelmän tuloksiin, mutta nämä tutkimukset on rajattu tämän pro gradu –tutkielman ulkopuolelle mahdollisiksi jatkotutkimusaiheiksi.

3.7 Tutkimuksen kulku

Omalta osaltani pro gradu –tutkimus alkoi Nuviz-projektin yhteydessä syyskuussa 2016. Nuviz-projektia varten tehtiin tutkimussuunnitelma, rekrytoitiin koehenkilöt, ajettiin kokeet lukuisten teknisten ongelmien selvittämisen jälkeen ja analysoitiin tulokset joulukuussa 2016. Kokeiden ajamiseen kului ennakoitua enemmän aikaa teknisten ongelmien (esimerkiksi GPS-koordinaattien lähettämisen pulmat, simulaattorin epävarma toiminta) ja koehenkilöiden rekrytoinnin vaikeuksien vuoksi. Tulosten analysoinnin kannalta tärkeää oli silmänliike-

kameran datan tarkastaminen ja pisteyttäminen, joka myös otti aikansa juuri ennen joulua.

Pro gradu –tutkimuksen suunnitelma esiteltiin marraskuussa 2016 seminaarissa. Tammikuussa 2017 aloitettiin kirjallisuuskatsauksen tekeminen sekä tutkielman rakenne alkoi hahmottua. Saman tien alkoi myös sisällön työstäminen. Teoriaosuuden ja menetelmäosuuden kirjoittaminen limittyi toisiinsa; jos toisessa tuli pulma, siirryttiin toiseen ja jatkettiin myöhemmin toisen kanssa. Tavoitteena oli, että joka päivä syntyisi jotain eikä tutkielman tekeminen enää venyisi pidemmälle. Tässä oli taustalla myös henkilökohtainen intressi saada tutkielma ja samalla tutkinto valmiiksi, koska elämässä oli menossa samaan aikaan siirtymä uusien haasteiden äärelle.

Kerättyä aineistoa alettiin analysoida tämän pro gradu –tutkimuksen osalta maaliskuussa 2017, jolloin kirjallisuuskatsaus ja metodiosa olivat pääpiirteissään valmiit. Tulosten tulkintaa ja pohdintaa tehtiin maaliskuun aikana ja koko työtä hiottiin ja viimeisteltiin huhti- ja toukokuun aikana.

4 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä luvussa esitellään tilastollisten analyysien tulokset, verrataan niitä aiempaan tutkimukseen sekä vastataan tutkimusongelmiin liittyviin kysymyksiin sekä tarkastellaan aiemmin asetettuja hypoteeseja tulosten valossa. Taulukossa 3 on lueteltu käytettyjä lyhenteitä ja niiden selityksiä.

TAULUKKO 3 Tuloksissa käytetyt lyhenteet

Lyhenne	Selitys
<i>Distance</i>	Matka metreinä, jonka kuljettaja etenee katsoessaan laitteeseen
<i>HUD</i>	Head-Up Display, moottoripyöräkypäränäyttö
<i>OD</i>	Matka, jonka kuljettaja etenee sokkona, näytön ollessa pimennettynä okklusiokokeessa
<i>VV-suhde (vvr)</i>	Visuaalisen vaativuuden suhde, joka mittaa kuljettajan reagoimista tehtävän visuaaliseen vaativuuteen. VV-suhde lasketaan $Distance / median\ OD$, jossa median OD:n $N = 97$ (baselinedata) mediaani siinä tienpisteessä, mistä tiestä pois suuntautuva katse aloitetaan

4.1 Reliabiliteettianalyysi

Taulukossa 4 tutkitaan tehtävien distance-summamuuttujan reliabiliteettia korrelaation ja Cronbachin alfan perusteella distance-mediaanien suhteen. Distance-summamuuttuja on yksittäisten kokeiden distance-mediaanien keskiarvo. Tällöin voidaan päätellä Cronbachin alfojen perusteella, onko koehenkilöllä yksilöllinen taipumus tietynmittaisiin distansseihin.

Here-kokeesta ei pystytä laskemaan Cronbachin alfaa tehtävien matalan lukumäärän takia. Here-kokeessa korrelaation ollessa ,633 voidaan summamuuttuja muodostaa. Myös Cronbachin alfojen ollessa hyvä Ficonic-kokeessa ($\alpha = ,884$) ja hyväksyttävä Nuviz-kokeessa ($\alpha = ,750$) voidaan näistäkin muodostaa summamuuttujat.

TAULUKKO 4 Distance-summamuuttujan reliabiliteetti kokeittain

Koe	r	Cronbachin alfa
Here	,633	-
Ficonic	-	,884
Nuviz	-	,750

Taulukossa 5 on laskettu tehtäväkohtainen distance-summamuuttujan reliabiliteetti korrelaation avulla Here-kokeen reitinohjauksesta ja Cronbachin alfalla Ficonic-kokeen jokaisesta erilaisesta tekstinsyöttömetodista sekä Nuviz-kokeen moottoripyöräkypäränäytöllä ja Android A3 –laitteella suoritetuista tehtävistä. Nuviz-kokeen Android A3 –tehtävistä on poistettu navigointitehtävä sen haasteiden vuoksi, joten Android A3 –tehtävistä on laskettu korrelaatio.

TAULUKKO 5 Distance summamuuttujan reliabiliteetti tehtävittäin

Koe	Laitte/tehtävä	r	Cronbachin alfa
Here	Reitin seuranta	,633	-
Ficonic	Näppäimistö		,828
Ficonic	Puheohjaus		,837
Ficonic	Käsinkirjoitus		,662
Nuviz	HUD		,824
Nuviz	A3	,511	-

Korrelaatiot Here-kokeesta ja Nuviz-kokeen Android A3 –tehtävistä ovat vahvat, Here-tehtävissä ,633 ja Nuviz-kokeen Android A3-tehtävissä ,511. Cronbachin alfat ovat pääsääntöisesti korkeita, Nuviz-kokeen moottoripyöräkypäränäytöllä hyvä ($\alpha = ,824$) ja Ficonic-kokeen näppäimistötehtävissä hyvä ($\alpha = ,828$) ja puheohjauksessa hyvä ($\alpha = ,837$). Käsinkirjoitustehtävissä Cronbachin alfa on kyseenalainen, ($\alpha = ,662$), mikä on kuitenkin riittävän lähellä hyvänä pidettyä ,70 rajaa.

4.2 Test – retest -analyysi

Taulukossa 6 on kuvailtu aineistoa esittämällä kaikkien kokeiden distance-mediaanin (yksikkönä metri) minimi, maksimi, keskiarvo ja keskihajonta. Nuviz-kokeen Android A3 navigointitehtävä on poistettu otoksesta. Keskiarvot ja keskihajonnat olivat eri kokeissa kohtuullisen samansuuntaisia.

TAULUKKO 6 Aineiston distance-mediaanien (metriä) kuvailu

Koe	N	Min	Max	Keskiarvo	Keskihajonta
Here	24	5,84	12,82	8,89	1,95
Ficonic	17	8,28	15,79	11,55	2,07
Nuviz	22	1,40	12,55	9,47	2,75

Taulukossa 7 on eritelty tehtävittäin punaisten katseiden prosentuaalinen osuus sekä laskettu, eroaako punaisten katseiden prosentuaalinen osuus merkitsevästi kuuden prosentin verifikaatorajasta. Katseiden lukumäärän keskiarvo ja keskihajonta on myös esitetty taulukossa. Rajan läpäistäkseen prosentuaalisen osuuden tulisi olla kuusi prosenttia tai vähemmän. Mikäli ero ei ole merkitsevä, voidaan kuuden prosentin verifikaatorajan ylittävä tehtävä silti hyväksyä. Mediaanit, jotka ovat alle kuusi prosenttia, hyväksytään, vaikka ero ei olisi merkitsevä.

Kaikissa tehtävissä katseita oli keskimäärin yli 20. Kuuden prosentin verifikaatorajan läpäisevät Heren kummatkin tehtävät (maneuver box up Md = 0,00 %, $p = ,059$ ja maneuver box below Md = 2,00 %, $p = ,001$). Ficonic-kokeesta Ficonic-prototyypin kaikki äänentunnistustehtävät eli musiikkihaku (Md = 2,00 %, $p = ,071$), kontaktihaku (Md = 3,00 %, $p = ,418$) ja reitinhaku (Md = 6,00 %, $p = ,232$) läpäisivät verifikaatorajan. Ficonic-prototyypin kontaktihakutehtävistä sekä näppäimistöllä (Md = 6,00 %, $p = ,105$) että käsinkirjoituksella (Md = 6,00 %, $p = ,736$) alittivat verifikaatorajan ja olivat siten hyväksytyjä.

Nuviz-kokeen tehtävistä kaikki moottoripyöräkypäränäytöllä suoritettavat tehtävät, musiikkihaku (Md = 2,00 %, $p = ,020$), navigointi (Md = 4,00 %, $p = ,408$) ja soittaminen (Md = 3,00 %, $p = ,287$) alittivat verifikaatorajan. Android A3-laitteella soittaminen (Md = 3,00 %, $p = ,060$) olivat alle kuuden prosentin verifikaatorajan. Musiikinhaku (Md = 7,00 %, $p = ,485$) ylitti verifikaatorajan yhdellä prosenttiyksiköllä, mutta ero verifikaatorajaan ei ollut merkitsevä, joten se voitiin myös hyväksyä.

Kuuden prosentin verifikaatorajan ylittivät Ficonic-prototyypin käsinkirjoituksen reitinhaku (Md = 9,00 %, $p = ,004$) ja musiikkihaku (Md = 12,00 %, $p = ,004$) sekä näppäimistön reitinhaku (Md = 11,00 %, $p = ,018$) ja musiikkihaku (Md = 12,00 %, $p = ,002$). Nuviz-kokeesta Android A3 -laitteen navigointi (Md = 9,00 %, $p = ,062$) hyväksyminen tai hylkääminen on kyseenalaista, koska se ei eroa merkitsevästi kuuden prosentin verifikaatorajasta. Tehtävän suorituksessa oli kuitenkin erittäin paljon teknisiä haasteita, mitkä aiheuttivat tehtävän toistamista useaan kertaan kaikilla koehenkilöillä.

TAULUKKO 7 Punaiset katseet tehtävittäin

Koe	Käyttöliittymä	Tehtävä	Katseiden lkm ka (kh)	Punainen katse % mediaani	p	HYV/HYL raja 6 %
HERE	Here Auto	Reitin seuranta (Maneuver box up)	33,8 (13,3)	0	,059	HYV
NUVIZ	HUD	Musiikkihaku (Spotify)	58,9 (26,4)	2	,020	HYV
FICONIC	Ficonic-prototyyppi, äänentunnistus	Musiikkihaku (Spotify)	35,9 (15,0)	2	,071	HYV
HERE	Here Auto	Reitin seuranta (Maneuver box below)	38,5 (19,6)	2	,001	HYV
FICONIC	Ficonic-prototyyppi, äänentunnistus	Kontaktinhaku	20,6 (6,8)	3	,418	HYV
NUVIZ	A3	Soittaminen	40,6 (24,3)	3	,060	HYV
NUVIZ	HUD	Soittaminen	27,0 (17,7)	3	,287	HYV
NUVIZ	HUD	Navigointi	74,6 (38,6)	4	,408	HYV
FICONIC	Ficonic-prototyyppi, näppäimistö	Kontaktinhaku	24,1 (7,5)	6	,105	HYV
FICONIC	Ficonic-prototyyppi, äänentunnistus	Reitinhaku	27,2 (8,7)	6	,232	HYV
FICONIC	Ficonic-prototyyppi, käsinkirjoitus	Kontaktinhaku	34,4 (12,8)	6	,736	HYV
NUVIZ	A3	Musiikkihaku (Spotify)	45,8 (36,0)	7	,485	HYV
NUVIZ	A3	Navigointi	49,4 (20,6)	9	,062	HYV/HYL
FICONIC	Ficonic-prototyyppi, käsinkirjoitus	Reitinhaku	89,4 (40,6)	9	,004	HYL
FICONIC	Ficonic-prototyyppi, näppäimistö	Reitinhaku	52,9 (17,0)	11	,018	HYL
FICONIC	Ficonic-prototyyppi, käsinkirjoitus	Musiikkihaku (Spotify)	76,2 (22,9)	12	,004	HYL
FICONIC	Ficonic-prototyyppi, näppäimistö	Musiikkihaku (Spotify)	43,5 (11,8)	12	,002	HYL

Taulukossa 8 on eritelty samaan tapaan vihreiden katseiden verifikaatorajaksi 68 prosenttia. Siihen ja sen yläpuolelle jäävät katseet ovat mahdollisesti "sallittuja", eli ne eivät näytä vaativan liikaa kuljettajalta. Vastaavasti vihreiden katseiden osalta on tutkittu, ylittääkö tehtävä 68 prosentin verifikaatorajan ja jos mediaani on alle 68 prosentin verifikaatorajan, on selvitetty, eroaako se merkittävästi rajasta.

Kaikissa tehtävissä katseita oli keskimäärin yli 20. Nuviz-kokeen moottoripyöräkypäränäytöllä suoritettut tehtävät musiikkihaku ($Md = 78,00\%$, $p = ,158$), soittaminen ($Md = 72,00\%$, $p = ,548$) ja navigointi ($Md = 62,00\%$, $p = ,082$) ylittivät 68 prosentin verifikaatorajan. Here Auton reitinseurantatehtävät man box ylhäällä ($Md = 68,00\%$, $p = ,493$) ja alhaalla ($Md = 60,00\%$, $p = ,141$) ja Ficonic-prototyypin äänentunnistuksen musiikkihaku ($Md = 66,00\%$, $p = ,211$) ja kontaktinhaku ($Md = 65,00\%$, $p = ,196$) olivat hyväksytyjä. Myös Ficonic-prototyypin käsinkirjoituksen kontaktinhaku ($Md = 54,00\%$, $p = ,097$) hyväksyttiin eron merkitsemättömyyden perusteella.”

Verifikaatorajan yläpuolelle ei päässyt Ficonic-kokeen käsinkirjoitustehtävien reitinhaku ($Md = 51,00\%$, $p = ,000$) ja musiikkihaku ($Md = 48,00\%$, $p = ,001$). Yksikään Ficonic-kokeen näppäimistötehtävä eikä niin ikään Nuviz-kokeen Android A3 -tehtävä ylittänyt verifikaatorajaa. Näppäimistötehtäviä olivat kontaktinhaku ($Md = 50,00\%$, $p = ,003$), reitinhaku ($Md = 43,00\%$, $p = ,001$) ja musiikkihaku ($Md = 38,00\%$, $p = ,000$). Äänentunnistuksen osalta reitinhaku ($Md = 51,00\%$, $p = ,028$) ei myöskään ylittänyt verifikaatorajaa. Nuviz-kokeen osalta hylätyt tehtävät olivat Android A3 -laitteella soittaminen ($Md = 57,00\%$, $p = ,050$), musiikin haku ($Md = 36,00\%$, $p = ,001$) ja erittäin haastava navigointitehtävä ($Md = 34,00\%$, $p = ,000$).

TAULUKKO 8 Vihreät katseet tehtävittäin

Koe	Käyttöliittymä	Tehtävä	Katseiden lkm ka (kh)	Vihreä katse % mediaani	p	HYV/HYL raja 68 %
NUVIZ	HUD	Musiikkihaku (Spotify)	58,9 (26,4)	78	,158	HYV
NUVIZ	HUD	Soittaminen	27,0 (17,7)	72	,548	HYV
HERE	Here Auto	Reitinseuranta (Maneuver box up)	33,79 (13,3)	68	,493	HYV
FICONIC	Ficonic- prototyyppi, äänentunnistus	Musiikkihaku (Spotify)	35,9 (15,0)	66	,211	HYV
FICONIC	Ficonic- prototyyppi, äänentunnistus	Kontaktinhaku	20,6 (6,8)	65	,196	HYV
NUVIZ	HUD	Navigointi	74,6 (38,6)	62	,082	HYV
HERE	Here Auto	Reitinseuranta (Maneuver box below)	38,5 (19,6)	60	,141	HYV
FICONIC	Ficonic- prototyyppi, käsinkirjoitus	Kontaktinhaku	35,4 (12,9)	54	,097	HYV
NUVIZ	A3	Soittaminen	40,6 (24,3)	57	,050	HYL
FICONIC	Ficonic- prototyyppi, äänentunnistus	Reitinhaku	27,2 (8,7)	51	,028	HYL
FICONIC	Ficonic- prototyyppi, käsinkirjoitus	Reitinhaku	89,4 (40,6)	51	,000	HYL
FICONIC	Ficonic- prototyyppi, näppäimistö	Kontaktinhaku	24,1 (7,5)	50	,003	HYL
FICONIC	Ficonic- prototyyppi, käsinkirjoitus	Musiikkihaku (Spotify)	76,2 (22,9)	48	,001	HYL
FICONIC	Ficonic- prototyyppi, näppäimistö	Reitinhaku	52,9 (17,0)	43	,001	HYL
FICONIC	Ficonic- prototyyppi, näppäimistö	Musiikkihaku (Spotify)	43,5 (11,8)	38	,000	HYL
NUVIZ	A3	Musiikkihaku (Spotify)	45,8 (36,0)	36	,001	HYL
NUVIZ	A3	Navigointi	49,4 (20,6)	34	,000	HYL

Taulukossa 9 on vertailtu Here- ja Nuviz-kokeen navigointitehtävien punaisia ja vihreitä katseita. Vertailussa on mukana myös Nuviz-kokeen Android A3 –navigointitehtävä, vaikka se oli koehenkilöille erittäin haastava ja saattaa omalta osaltaan huonontaa tuloksia. Here-kokeessa oli selkeästi pienempi punaisten

katseiden mediaani kuin Nuviz-kokeessa, mikä selittynee Android A3:n haastavuudella. Kummassakin kokeessa katseita oli keskimäärin yli 20.

TAULUKKO 9 Navigointitehtävien punaiset ja vihreät katseet

Koe	Katseiden lkm ka (kh)	Punainen katse % mediaani	p	HYV/HYL raja 6 %	Vihreä katse % mediaani	p	HYV/HYL raja 68 %
Here	36,2 (15,2)	2	,002	HYV	63	,184	HYV
Nuviz	49,4 (20,6)	6	,338	HYV	52	,000	HYL

Here-kokeen reitinseuraamistehtävät läpäisivät sekä punaisten katseiden (Md = 2,00 %, $p = ,002$) että vihreiden katseiden (Md = 63,00 %, $p = ,184$) osalta verifikaatorajat. Nuviz-kokeen navigointitehtävät läpäisivät punaisten katseiden (Md = 6,00 %, $p = ,338$) mutta ei vihreiden katseiden osalta (Md = 52,00 %, $p = ,000$) osalta verifikaatorajoja.

Taulukossa 10 on esitetty punaiset katseet laitteittain. Tehtävät on järjestetty kronologisesti. Here Auto (Md = 2,00 %, $p = ,002$), Nuviz moottoripyöräkypäränäyttö (Md = 3,00 %, $p = ,140$) ja Nuviz Android A3 (Md = 5,00 %, $p = ,408$) läpäisivät kuuden prosentin verifikaatorajan. Ficonic-prototyyppi (Md = 9,00 %, $p = ,004$) ei läpäissyt kuuden prosentin verifikaatorajaa. Kaikissa tehtävissä oli keskimäärin yli 20 katsetta.

TAULUKKO 10 Punaiset katseet laitteittain

Laite	Katseiden lkm ka (kh)	Punainen katse % mediaani	p	HYV/HYL raja 6 %
Here Auto	36,2 (15,2)	2	,002	HYV
Ficonic-prototyyppi	45,1 (10,5)	9	,004	HYL
Nuviz HUD	53,5 (23,6)	3	,140	HYV
Nuviz A3	45,3 (19,0)	5	,408	HYV

Taulukossa 11 mitataan, kuinka moni katse on ajotilanteeseen nähden sallittu. Vertailu on osittain hieman epäreilu, koska tehtävät eivät ole samanlaisia eri laitteilla ja vihreiden katseiden verifikaatoraja ei ole välttämättä yhtä olennainen kuin punaisten katseiden verifikaatoraja. Tehtävät on järjestetty kronologisesti. Vihreiden katseiden 68 % verifikaatorajan läpäisivät Here Auto (Md = 63,00 %, $p = ,184$) ja Nuviz moottoripyöräkypäränäyttö (Md = 70,00 %, $p = ,808$). Verifikaatorajaa ei läpäissyt Ficonic-prototyyppi (Md = 48,00 %, $p = ,000$) ja Nuviz-kokeen Android A3 (Md = 45,00 %, $p = ,001$). Katseiden lukumäärä oli keskimäärin yli 20.

TAULUKKO 11 Vihreät katseet laitteittain

Laite	Katseiden lkm ka (kh)	Vihreä katse % mediaani	p	HYV/HYL raja 68 %
Here Auto	36,2 (15,2)	63	,184	HYV
Ficonic- prototyyppi	45,1 (10,5)	48	,000	HYL
Nuviz HUD	53,5 (23,6)	70	,808	HYV
Nuviz A3	45,3 (19,0)	45	,001	HYL

Kolme koehenkilöä kävi useammassa kuin yhdessä kokeessa. Kuten taulukossa 12 on nähtävissä, koehenkilöiden okklusiomatka lyheni jälkimmäisessä kokeessa. Okklusiomatkan (OD). VV-suhde, eli kuljettajan reagoimista tehtävän visuaaliseen vaativuuteen mittaava visuaalisen vaativuuden suhde, pysyi samansuuntaisena kokeesta toiseen. Kokeet on esitetty kronologisessa järjestyksessä, jotta oppimista voidaan arvioida helposti.

TAULUKKO 12 Samat koehenkilöt eri kokeissa

Koehenkilö	HERE mediaani OD / vvr /distance	FICONIC mediaani OD / vvr /distance	NUVIZ mediaani OD / vvr /distance
SP	-	15,59 / 1,31 / 12,50	9,03 / 1,23 / 15,17
MH	35,65 / 0,75 / 6,71	33,81 / 0,78 / 8,10	-
TP	50,36 / 1,11 / 10,25	43,04 / 1,19 / 13,01	37,40 / 1,16 / 11,91

OD mediaani, vvr ja distance mediaanien keskiarvo

OD ja distance metreinä (m), vv-suhteella ei ole mittayksikköä

Okklusiomatkat pysyivät jotakuinkin samana kokeesta toiseen (SP: 15,59; 9,03, MH: 35,65; 33,81 ja TP: 50,36; 43,04; 37,40). Koska VV-suhde mittaa kuljettajan reagoimista tehtävän visuaaliseen vaativuuteen, oletettiin sen pysyvän suurin piirtein samana tehtävästä toiseen. SP:n VV-suhteet olivat 1,31 ja 1,23, MH:n 0,75 ja 0,78 sekä TP:n 1,11; 1,19 ja 1,16. Koehenkilö TP on saanut kaikissa kokeissa suurimmat ja suunnilleen samansuuntaiset distancet (10,25; 13,01 ja 11,91), kun katse on suunnattu pois tiestä. TP on siis selkeästi hyvin pitkien okklusiomatkojen tyyppi ja hän suorittaa tehtävän osat keskimääräisellä nopeudella. Koehenkilö MH katsoo tyypillisesti pitkään laitteeseen ja suorittaa tehtävät nopeasti (distancet 6,71 ja 8,10). Koehenkilö SP on melko keskiarvoinen kuljettaja, jolla tehtävän suorittaminen kestää hieman pidempään kuin muilla koehenkilöillä ja hän on hieman varovaisempi okklusiomatkan suhteen kuin muut kuljettajat (12,50 ja 15,17).

4.3 Johtopäätökset

Cronbachin alfojen perusteella tehtävien välillä näyttää olevan jonkinlainen yksilöllinen taipumus katsekäyttäytymisessä. Jokin henkilökohtainen ominaisuus määrittelee tiestä pois suuntautuvien katseiden pituutta suhteessa muihin koe-

henkilöihin. Yksi mahdollinen selitys on, että kullakin koehenkilöllä on erilaisia tapoja; toiset katsovat tiestä pois useasti ja lyhyen aikaa, kun taas toiset katsovat harvakseltaan, mutta pidempiä aikoja kerrallaan. Yksilöllisten taipumusten ilmeneminen kuitenkin näkyy kokeesta toiseen.

Punaisten katseiden verifikaatorajan osalta Here-kokeen reitin seuranta vaikuttaa olevan hyvin vähän vaativa toissijainen tehtävä. Ficonic-kokeen perusteella äänentunnistus näyttää myös olevan helposti suoritettavissa ajamisen aikana, samoin kuin Nuvizin moottoripyöräkypäränäyttö. Ficonic-prototyypin hyväksytyissä näppäimistö- ja käsinkirjoitustehtävissä haettiin kontakteja, joissa ei tarvinnut kirjoittaa kuin muutama ensimmäinen kirjain, joten tehtävät olivat selkeästi yksinkertaisempia kuin reitin- ja musiikinhakutehtävät, joissa piti kirjoittaa useampia kirjaimia ennen oikean löytymistä. Nuviz-kokeen Android A3-laitteella tehdyissä hyväksytyissä tehtävissä etsittiin listasta kontakteja tai kappaleita ja valittiin pyydetyt.

Android A3 -laitteella navigoiminen oli erittäin haasteellista teknisten ongelmien vuoksi, joten sitä ei voida pitää luotettavana. GPS-koordinaatit kulkivat ajosimulaattorista Android-laitteeseen viiveellä, minkä vuoksi laitteen kartta ja ajosimulaattorin näkymä eivät aina vastanneet toisiaan. Synkronoinnin haasteet aiheuttivat lähes kaikkien koehenkilöiden eksymisen ja tehtävä jouduttiin aloittamaan jopa useaan kertaan uudestaan, jolloin koehenkilöt oppivat reitin ja tehtävän luonne muuttui laitteen testaamisesta oppimisen testaamiseksi.

Aiemmassa tutkimuksessa (Klauer ym., 2006; NHTSA, 2003) on huomattu, että yli kahden sekunnin pituiset katseet aiheuttavat vaaratilanteita huomattavasti enemmän kuin sitä lyhyemmät katseet. Näissä tutkimuksissa ei ole otettu huomioon luonnollista liikennekäyttäytymistä, mikä taas on huomioitu okklusiopohjaisessa tarkkaamattomuuden mittausmenetelmässä. Klauer ym. (2006) huomauttavat, että katseen kohdistumista esimerkiksi sivupeileihin on syytä arvioida tiestä pois suuntautuvien katseiden pituutta ja niiden vaikutusta puntaroidessa.

On myös huomattu, että äänentunnistus ohjaimena on parempi kuin kosketusnäyttö sekä tilastollisesti arvioiden että myös kuljettajien mielestä, kun ajon lisäksi toissijaisena tehtävänä on osoitteen syöttäminen (Tsimhoni, Smith & Green, 2004). Havainto on linjassa tästä tutkimuksesta saatujen tulosten kanssa. Ficonic-prototyypin äänentunnistustehtävät läpäisivät kaikki kuuden prosentin verifikaatorajan toisin kuin osa käsinkirjoitus- ja näppäimistötehtävistä.

Käsinkirjoitus tehtävänä on luultavasti koehenkilöille vieraampi kuin muut tekstinsyöttötavat, mikä saattaa selittää sen punaisten katseiden suhteellisen suuren prosentuaalisen osuuden kaikista katseista. Ficonic-kokeen puheohjaustehtävissä vihreiden katseiden lukumäärä oli korkea, sillä siinä ei tarvitse katsoa niin paljoa näyttöä verrattuna näppäimistön tai käsinkirjoituksen yhteydessä. Here-kokeen erilaiset skenaariot saivat hyvät pisteet.

Burnett ym. (2011) teettivät koehenkilöillä tehtäviä, joita suoritettiin ohjaamalla näyttöä kosketusalustalla, kosketusnäytöllä ja rotaatiopyörällä. Tutkitujen ohjainten toimivuus toissijaisten tehtävien aikana riippui paljon tehtävästä. Rotaatiopyörän käyttö oli kuitenkin kosketusalustaa ja kosketusnäyttöä hi-

taampaa ja pois tiestä suuntautuvia katseita oli enemmän kuin muissa ohjaimissa. Nuvizin moottoripyöräkypäränäyttöä ohjattiin peukalon avulla ohjaustankoon kiinnitettyllä ohjaimella, mutta tulosten perusteella sen käyttö ei ollut liiemmin kuormittavaa verifikaatorajoissa pysymisen perusteella.

Vihreiden katseiden verifikaatorajan ylittäneet hyväksytyt tehtävät olivat sellaisia, joissa kuljettajan ei tarvinnut siirtää katsettaan pitkiksi aikaa pois tiestä joko sen vuoksi, että käytettävissä oli jokin apuväline, kuten moottoripyöräkypäränäyttö, tai tehtävät olivat erittäin lyhyitä. Siitä voidaan päätellä, että apuvälineistä on hyötyä, kun halutaan vähentää turvattomana pidettävien katseiden määrää. Hylätyt tehtävät vaativat kuljettajalta taas enemmän katseita, jotka suuntautuivat selkeästi pois tiestä ja mahdollisesti aiheuttavat ajotilanteen vaativuuteen nähden liian pitkiä pois suuntautuvia katseita. Esimerkiksi suoralla tiellä kuitenkin pitkäkin katse voi olla vihreä, jos näkyvyys on erinomainen. Risteyksessä erittäin lyhytkin katse voi olla punainen tilanteen visuaalisen vaativuuden vuoksi. Toisaalta vihreiden katseiden tulokset näyttävät tehtävien ja erityisesti moottoripyöräkypäränäytön näkökulmasta odotetunmukaisemmilta kuin punaisten katseiden tulokset.

Okklusiopohjaisen tarkkaamattomuuden mittausmenetelmän kannalta punaisten katseiden verifikaatoraja on vihreiden katseiden rajaa olennaisempi kriittisyytensä vuoksi. Näiden välissä on vielä niin sanotut oranssit tai keltaiset katseet, jotka ovat jotakin punaisten ja vihreiden katseiden väliltä. Here- ja Nuviz-kokeiden navigointitehtäviä vertailtaessa okklusiopohjaisen tarkkaamattomuuden mittausmenetelmän kannalta on hyvä, että kummankin kokeen tulokset läpäisevät punaisten katseiden verifikaatorajan, mutta menetelmää olisi syytä kehittää siten, että samankaltaiset reitinseuraamistehtävät saisivat hyväksytyt arvot myös vihreiden katseiden verifikaatorajan osalta. Toisaalta hylkäyksen syynä voi olla myös tekniset hankaluudet, joita Nuviz-kokeen Android A3 -tehtävssä oli runsaasti.

Laitteittain mitattuna Here Auto ja Nuviz moottoripyöräkypäränäyttö läpäisivät punaisten katseiden kuuden prosentin verifikaatorajan helposti. Ficonic-prototyyppi ei alittanut kuuden prosentin verifikaatorajaa. Rajan ylittäminen kertoo luultavasti tehtävien, laitteen ja tekstinsyöttötapojen välisistä eroista. Todennäköisesti näppäimistöllä ja käsinkirjoituksella suorittaen tehtävien mediaani nousi yli rajan, vaikka puheohjaus olisikin ollut sallituissa verifikaatorajooissa. Mikäli kuljettajat saisivat valita mieluisamman tekstinsyöttötavan, tulokset saattaisivat muuttua hieman paremmiksi.

Chittaro ja De Marco (2004) totesivat, että ajon aikana käytettäviä laitteita suunniteltaessa on kiinnitettävä erityistä huomiota käyttöliittymien suunnitteluun sekä sellaisten mittareiden kehittämiseen, joilla voidaan mitata luotettavasti laitteen käytettävyyttä ja häiritsevyyttä. Erilaisissa laitteissa on hyvin erilaiset käyttöliittymät, mikä haastaa tutkimuksessa ja vakioimisessa. On kuitenkin todennäköistä, että käyttöliittymien haasteet selittävät osaltaan sellaisia katseita, joita ei voida hyväksyä verifikaatorajojen vuoksi.

Mehler, Kidd, Reimer, Reagan, Dobres ja McCartt (2016) huomasivat tutkimuksessaan, että ennemmin kuuloon ja puheeseen kuin visuaalis-

manuaaliseen toimintaan liittyvä käyttöliittymä mahdollistaa kuljettajille tien seuraamisen siten, ettei heidän tarvitse katsoa niin pitkiä aikoja laitteeseen. He kuitenkin huomasivat myös sen, että huonosti toimiessaan äänen tunnistaminen ärsyttää ja turhauttaa kuljettajia, mikä saattaa osaltaan lisätä kognitiivista kuormitusta ja siten vähentää käyttöliittymästä saatavia hyötyjä. Vaikka audiitiivis-vokaalinen käyttöliittymä vähentääkin tiestä pois suuntautuvien katseiden kestoa, se ei kuitenkaan poista toissijaisen tehtävän visuaalista vaativuutta kokonaan.

Mehlerin ym. (2016) havaintojen sanoma on samankaltainen kuin Ficonic-prototyypin tuloksissa on nähtävissä. Vihreiden katseiden verifikaatorajat ylittyivät Ficonic-prototyypin musiikin- ja kontaktinhakutehtävissä, mutta reitinhakutehtävissä vihreiden katseiden osuus jäi verifikaatorajan alle. Reitinhakutehtävissä haetut kohteet olivat huomattavasti pidempiä kuin muissa ääniohjaustehtävissä. Tehtävien koettua kuormitusta tarkastelemalla voitaisiin mahdollisesti tehdä tarkempia päätelmiä kuljettajan turhautumisesta.

Vihreiden katseiden verifikaatorajan läpäisseet olivat samat laitteet kuin punaisten katseiden verifikaatorajan alittaneet, Here Auto ja Nuviz moottori-pyöräkypäränäyttö. Nuviz-kokeen Android A3 kuitenkin hylättiin, mikä olikin odotettavissa teknisten haasteiden aiheuttamien ongelmien vuoksi. Ficonic-prototyyppi sijaitsi myös ohjauspyörän vieressä ja tehtävissä piti toisinaan suorittaa pitkiäkin toimintojen sarjoja, joten ei ole odottamatonta, että katseiden pituudet venyivät.

Maciej ja Vollrath (2009) vertailivat manuaalista ja puheentunnistukseen perustuvaa vuorovaikutusta autojen tietojärjestelmissä. Hekin huomasivat, että puheeseen perustuvat käyttöliittymät vähensivät tiestä pois suuntautuvien katseiden määrää ja mahdollistivat kuljettajan paremman keskittymisen ajamiseen ja tiehen. Myös Tsimhoni ym. (2004) tulivat samankaltaisiin tuloksiin vertaillaessaan sanoihin ja merkkeihin perustuvaa sekä kosketusnäytön näppäimistöllä syötettävää osoitteenhakua. Sanoihin perustuva puheentunnistus oli nopeinta, paitsi pysäköitynä, jolloin näppäimistö oli nopein tapa etsiä osoitteita. Kuitenkin näppäimistön käyttö oli kaikkein häiritsevintä liikkuvassa autossa. Kuljettajat myös kokivat näppäimistön käytön muita metodeja hankalammaksi ja vaarallisimmaksi.

Kolme koehenkilöä kävi useammassa kuin yhdessä tutkimuksessa. Tulosten perusteella koehenkilöiden okklusiomatka, VV-suhde ja distance-mediaani eivät eronneet toisistaan kokeesta toiseen kovinkaan paljoa ja samojen koehenkilöiden tutkiminen eri kokeissa antoi tukea sille, että kuljettajan käyttäytyminen ja ajotavat pysyvät samanlaisena kokeesta toiseen. Kuten jo aiemmin on todettu, koehenkilöillä näyttää olevan yksilöllinen preferenssi toimia suunnilleen samalla tavalla tehtävästä toiseen. Sen vuoksi mittauksia voidaan pitää kohtuullisen luotettavina. Pitkä okklusiomatka ei tarkoita automaattisesti pitkää VV-suhdetta ja distancea, joita myös selittää useampi asia.

4.4 Vastaukset tutkimuskysymyksiin ja hypoteesien käsittely

Ovatko mittareiden reliabiliteetti sekä validiteetti riittävät? Mittareiden reliabiliteetti vaikuttaa sekä laite- että tehtäväkohtaisesti olevan korrelaatioiden ja Cronbachin alfojen perusteella riittävä. Ekologisen validiteetin kohdalla on syytä huomioida, että simulaattoritilanne saattaa olla koehenkilölle jännittävä tai koehenkilön motivaatioon suorittaa tehtävät saattaa vaikuttaa esimerkiksi luvattu palkkio. Tilanne on pyritty vakioimaan antamalla kaikille koehenkilöille yhtenäiset ohjeet ja varmistettu, että he ymmärtävät tehtävät ja saavat palkkion, vaikka koe jostain syystä keskeytyisikin.

Okklusiopohjaista tarkkaamattomuuden mittaamenetelmää voidaan tulosten ja kirjallisuuden perusteella pitää pääsääntöisesti luotettavana ja toistettavana. Useissa aikaisemmissa tutkimuksissa on saatu samankaltaisia tuloksia esimerkiksi erilaisten laitteiden vertailussa (Liu & Wan, 2004; Burnett ym., 2011), äänentunnistuksen ja puheentunnistuksen eroissa (Tsimhoni ym., 2009; Maciej & Vollrath, 2009).

Ovatko asetetut verifikaatorajat soveltuvat? Verifikaatorajoja voidaan pitää etenkin punaisten katseiden osalta soveltuvina. Vihreiden katseiden osalta on syytä tarkastella vielä oikeaa rajaa, jotta tulokset olisivat toistettavampia. Näiden verifikaatorajojen välissä on vielä niin sanotut oranssit tai keltaiset katseet, jotka ovat hieman epämääräisempiä katseita. Punaisten, oranssien tai keltaisen sekä vihreiden katseiden suhde todellisten liikennetilanteiden turvallisuuteen ei ole vielä selvillä, eikä yhteyttä ole liiemmin tutkittu. Punaisten katseiden kohdalla voidaan kuitenkin esittää, että kuljettaja saattaa punaisen katseen aikana menettää kontrollinsa liikennetilanteesta selviämiseksi. Tulosten yleistettävyyttä verifikaatorajojen osalta näyttää kuitenkin olevan jossain määrin samansuuntainen tehtävästä ja kokeesta toiseen.

H1: Okklusiopohjaisen tarkkaamattomuuden mittaamenetelmän reliabiliteetti on riittävä. Hypoteesi saa tukea, sillä pääsääntöisesti jokaisella laitteella ja kaikissa tehtävissä distance-mediaanien korrelaatio oli vahva ja Cronbachin alfa suurempi kuin 0,7 lukuun ottamatta Ficonic-kokeen käsikirjoitus-tehtävää, jossa Cronbachin alfa oli lähellä hyväksi luokiteltavaa 0,7 rajaa. Kuljettajilla vaikuttaa olevan yksilöllinen tendenssi katseiden pituuksille, mikä näkyy kokeesta toiseen ja siten nostaa okklusiopohjaisen tarkkaamattomuusmenetelmän reliabiliteettia.

H2: Okklusiopohjaisen tarkkaamattomuuden mittaamenetelmän validiteetti on riittävä. Hypoteesi saa tukea, sillä mittari saa toistettaessa samansuuntaisia tuloksia, mitä aikaisemmin on saatu. Erilaisten laitteiden käyttämisellä on luonnollisesti vaikutusta tuloksiin, eikä kaikkien tehtävien vertaileminen keskenään aina ole välttämättä täysin reilua, koska eri laitteilla ja eri kokeissa on suoritettu esimerkiksi visuaaliselta vaativuudeltaan hyvinkin erilaisia tehtäviä. Samankaltaisia tuloksia on saatu useissa tutkimuksissa, muun muassa Tsimhoni ym. (2009), Maciej ja Vollrath, (2009) ja Burnett ym., (2011).

Okklusiopohjainen tarkkaamattomuuden mittaamenetelmä näyttää kuitenkin olevan sikäli käyttökelpoinen, että samankaltaiset tehtävät ovat saaneet

usein samankaltaisia tuloksia, mikä nostaa menetelmän reliabiliteettia ja validiteettia. Tästä voitaneen päätellä, että mittari mittaa ainakin jokseenkin sitä, mitä sen on tarkoitus mitata.

H3: Punaisten katseiden verifikaatoraja on soveltuva. Hypoteesi saa tukea ja verifikaatoraja vaikuttaa soveltuvalta, koska samantyyppiset tehtävät ja laitteet ovat läpäisseet tai jääneet läpäisemättä kuuden prosentin verifikaatorajan.

H4: Vihreiden katseiden verifikaatoraja on soveltuva. Hypoteesi ei saa kovin vahvasti tukea. Osa samantyyppisistä tehtävistä on läpäissyt 68 % verifikaatorajan, mutta osa ei.

5 POHDINTA

Okklusiopohjainen tarkkaamattomuuden mittausmenetelmä on pääasiassa toistettava ja luotettava menetelmä. Ajosimulaattoritutkimuksen maailmassa on ollut selkeästi tarvetta kehittää sellainen menetelmä, joka pyrkii jäljittelemään luonnollisia liikennetilanteita hieman tarkemmin kuin suoraa tietä ja tasaista nopeutta ajettavissa ajosimulaattoritutkimuksissa on ollut tapana.

Tutkimusongelmiin saatiin aineiston ja tutkimustyön pohjalta vastaukset, joita pystyttiin laajentamaan jossain määrin aiemman kirjallisuuden perusteella. Valittu tutkimusmenetelmä sopi hyvin tutkimuksen suorittamiseen. Kirjallisuus antoi hyvää ja tulosten kanssa linjassa olevaa taustatietoa ja valitut tilastolliset testit soveltuivat aineiston käsittelyyn. Myös eri kokeissa kerätty aineisto oli käyttökelpoista, eikä sen takia mitään olennaista joutunut jättämään pois. Aineistoa olisi voinut käsitellä myös laajemmin ja ottaa mukaan myös kuljettajan itse kokeman kuormituksen, jota mitattiin NASA-TLX-testeillä. Lisäksi olisi ollut kiinnostavaa arvioida esimerkiksi elämyshakuisuuden tai visuo-spatiaalisen muistin vaikutuksia ja yhteyksiä esimerkiksi punaisten ja vihreiden katseiden ilmenemisen suhteen. Aineiston perusteella kriteerivaliditeetin ja sisältövaliditeetin arvioiminen ei ole mahdollista. Niiden mukanaolo olisi tuonut varmasti syvyyttä ja uskottavuutta tutkimukselle.

Okklusiopohjaisen tarkkaamattomuuden mittausmenetelmästä ei ole tehty vielä kovin paljon meta-analyysyjä, joten tämä pro gradu -tutkimus on sikäli hyödyksi menetelmän kehittämisen kannalta. Uutta tietoa saatiin erilaisien tehtävien, laitteiden ja käyttöliittymien osalta, minkä avulla voidaan arvioida okklusiopohjaisen tarkkaamattomuuden mittausmenetelmän reliabiliteettia ja validiteettia.

Tutkimuksen tuloksia voidaan hyödyntää kehitettäessä okklusiopohjaista tarkkaamattomuuden mittausmenetelmää ja mahdollisesti muitakin ajosimulaattoritutkimuksen menetelmiä. Olisi kuitenkin hyvä pohtia, mikä on paras visuaalisen vaativuuden mittari ja kuinka sitä voitaisiin soveltaa monipuolisimmin. Okklusiopohjainen tarkkaamattomuuden mittausmenetelmä tuntuu kuitenkin soveltuvan hyvin erilaisten toissijaisia tehtäviä varten tuotettujen käyttöliittymien arviointiin, joten tutkimuksia kannattaa ehdottomasti jatkaa erilaisten laitteiden kanssa.

Jatkotutkimuksena voitaisiin vertailla koettua kuormittavuutta ja visuaalisen vaativuuden suhdetta erityyppisten tehtäviä ja laitteiden välillä. Koehenkilöiden henkilökohtaisia mieltymyksiä erilaisten laitteiden käytössä voitaisiin myös verrata tuloksiin. Esimerkiksi jollekin kuljettajalle tietynlainen tekstinsyöttötapa voi olla hyvin luonteva, samalla kuin toiselle se on täysin epäluonteva. Toisaalta tulosten vakiointi voi olla erityinen haaste, jos koehenkilöt voivat vaikuttaa vapaammin käyttötilanteisiin. Koehenkilöiden kokemusta erilaisista laitteista voisi olla siinä kohdassa hyvä arvioida myös jollakin tavalla, jotta saataisiin käsitys siitä, kuinka tuttua tiettyjen metodien käyttö on tai ei ole.

Eri koehenkilöiden henkilökohtaista preferenssiä voitaisiin tutkia tarkemmin ja pohtia, pitäisikö erilaisille kuljettajille laatia omat verifikaatorajat, sillä selkeä yksilöllinen preferenssi on nähtävissä tuloksissa kokeesta toiseen. Koska pitkä okklusiomatka ei systemaattisesti johda tietynlaisiin tuloksiin esimerkiksi VV-suhteen tai distancen osalta, voisi olla syytä tutkia syitä ja kausaliteettia näiden taustalla. Koehenkilöiden laitteiden käyttötapoja voisi yrittää arvioida muillakin keinoilla kuin ajosimulaattoritutkimuksessa, tai yhdistää tarkempaa tietoa siitä, miten ja millaisia toissijaisia tehtäviä koehenkilöt reaali maailmassa ajaessaan suorittavat.

Okklusiopohjaisen tarkkaamattomuuden mittausmenetelmän arviointia kannattaa myös jatkaa edelleen useampien tutkimusten jälkeen ja suorittaa meta-analyysiä suuremmallakin aineistolla validiteetin varmentamiseksi. Punaisen, oranssin tai keltaisten ja vihreiden katseiden osalta verifikaatorajoja voisi olla syytä tarkastella laajemmalla aineistolla.

Mielenkiintoinen ja luultavasti haastavin, ellei mahdoton, jatkotutkimusehdotus on yrittää kehittää sellainen mittari, jolla voisi mitata kunkin tehtävän todellista vaikeusastetta objektiivisesti ja esimerkiksi pisteyttää tehtävien haastavuus jollakin keinoin. Pisteytyksen avulla meta-analyysi voisi olla sikäli helpompaa, että pystyttäisiin tarkemmin arvioimaan tehtävän vaikutusta mittariin.

Pro gradu –prosessi oli pitkä ja kivinen tie, joka alkoi jo useampia vuosia sitten ja se tuntui toinen toistaan seuraavien epäonnistumisien sarjalta. Lopulta koko pro gradu –tutkielma syntyi pääasiassa kevään 2017 aikana, joskin osallistuin itse yhden aineistona käytetyn tutkimuksen suorittamiseen syksyllä 2016. Itse kirjoitustyö oli kohtuullisen helppoa, mutta vaati hieman järjestelyitä. Aineiston analysointi oli haastavaa mutta opettavaista. Itsensä motivointi ei ollut kovin haastavaa ennen kuin analysoinnin kanssa muun elämän viedessä suuren osan ajasta. Myös kaikenlaisia sattumuksia aineiston kanssa ilmeni, ja siksi se piti käydä useampaan kertaan läpi.

Loputtomasta kärsivällisyydestä ja tuesta tuhannet kiitokset ansaitsevat ohjaaja Tuomo Kujala sekä Hilikka Grahn, joita ilman tämä prosessi olisi tuskin koskaan päässyt loppuun saakka.

LÄHTEET

- Baskerville, R. (1996). Deferring generalizability: Four classes of generalization in social enquiry. *Scandinavian Journal of Information Systems*, 8(2). (5-28).
- Beanland, V., Fitzharris, M., Young, K. & Lenne, M. G. (2013). Driver inattention and driver distraction in serious casualty crashes: Data from the Australian National Crash In-depth Study. *Accident Analysis and Prevention*, 54. (99-107). doi:10.1016/j.aap.2012.12.043.
- Birrell, J., Mearns, K., Wilkinson, A., & Freeston, M. (2011). Toward a definition of intolerance of uncertainty: A review of factor analytical studies of the Intolerance of Uncertainty Scale. *Clinical Psychology Review*, 31(7). (1198-1208).
- Blandford, A., Cor, L. & Cairns, P. (2008). Controlled experiments. Teoksessa Cairns, P. & Cox, A. L. (toim.). (2008). *Research methods for human-computer interaction*. Cambridge ; New York: Cambridge University Press.
- Boyle, L. N. & Lee, J. D. (2010). Using driving simulators to assess driving safety. *Accident Analysis and Prevention*, 42(3). (785-787). doi:10.1016/j.aap.2010.03.006
- Brooks, J. O., Goodenough, R. R., Crisler, M. C., Klein, N. D., Alley, R. L., Koon, B. L., . . . Wills, R. F. (2010). Simulator sickness during driving simulation studies. *Accident Analysis and Prevention*, 42(3). (788-796). doi:10.1016/j.aap.2009.04.013.
- Broström, R., Bengtsson, P., & Aust, M. L. (2016). Individual glance strategies and their effect on the NHTSA visual manual distraction test. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 36. (83-91).
- Burnett, G., Lawson, G., Millen, L., & Pickering, C. (2011). Designing touchpad user-interfaces for vehicles: which tasks are most suitable?. *Behaviour & Information Technology*, 30(3). (403-414).
- Cairns, P. & Cox, A. L. (toim.). (2008). *Research methods for human-computer interaction*. Cambridge ; New York: Cambridge University Press.
- Chittaro, L., & De Marco, L. (2004). Driver distraction caused by mobile devices: studying and reducing safety risks. In *Proceedings of the 1st Int'l Workshop Mobile Technologies and Health: Benefits and Risks (Udine, Italy, 2004)*.
- Chun, M. M., Golomb, J. D., & Turk-Browne, N. B. (2011). A taxonomy of external and internal attention. *Annual review of psychology*, 62. (73-101).
- Cronbach L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3). (297-333).
- Della Sala, S., Gray, C., Baddeley, A., Allamano, N., & Wilson, L. (1999). Pattern span: a tool for unwinding visuo-spatial memory. *Neuropsychologia*, 37(10), (1189-1199).
- Donmez, B., Boyle, L. N., & Lee, J. D. (2009). Differences in off-road glances: effects on young drivers' performance. *Journal of transportation engineering*, 136(5). (403-409).

- Hart, S. G., & Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. *Advances in psychology*, 52. (139-183).
- Heinrichs, R. W. (1990). Current and emergent applications of neuropsychological assessment: Problems of validity and utility. *Professional Psychology: Research and Practice*, 21(3). 171-176.
- Hirsjvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. (2004). *Tutki ja kirjoita* (10., uud. p.). Helsinki: Tammi.
- Horberrry, T., Anderson, J., Regan, M. A., Triggs, T. J. & Brown, J. (2006). Driver distraction: The effects of concurrent in-vehicle tasks, road environment complexity and age on driving performance. *Accident Analysis and Prevention*, 38(1), 185-191. doi:10.1016/j.aap.2005.09.007.
- Jokinen, J. P. P. (2015). *User psychology of emotional user experience*. University of Jyväskylä.
- Järvinen, P. & Järvinen, A. (2000). *Tutkimustyn metodeista*. Tampere: Opinpajan kirja.
- Kiikeri, M. & Ylikoski, P. (2004). *Tiede tutkimuskohteena : Filosofinen johdatus tieteen tutkimukseen*. Helsinki: Gaudeamus.
- Kircher, K., & Ahlstrom, C. (2016). Minimum required attention: a human-centered approach to driver inattention. *Human factors*, 0018720816672756.
- Klauer, S. G., Dingus, T. A., Neale, V. L., Sudweeks, J. D., & Ramsey, D. J. (2006). The impact of driver inattention on near-crash/crash risk: An analysis using the 100-car naturalistic driving study data.
- Kujala, T., Grahn, H., Mäkelä, J. & Lasch, A. (2016). *On the visual distraction effects of audio-visual route*. Automotive'UI 16 Proceedings of the 8th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Application. (169-176). doi:10.1145/3003715.3005421.
- Kujala, T., Lasch, A., & Mäkelä, J. (2014). Critical Analysis on the NHTSA Acceptance Criteria for In-Vehicle Electronic Devices. In *Proceedings of the 6th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications* (pp. 1-8). ACM.
- Kujala, T., & Mäkelä, J. (2015). Testing environment and verification procedure for in-car tasks with dynamic self-paced driving scenarios. In *International Conference on Driver Distraction and Inattention, 4th, 2015, Sydney, New South Wales, Australia*.
- Kujala, T., Mäkelä, J., Kotilainen, I., & Tokkonen, T. (2016). The Attentional Demand of Automobile Driving Revisited Occlusion Distance as a Function of Task-Relevant Event Density in Realistic Driving Scenarios. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 58(1). (163-180).
- Kujala, T., & Saariluoma, P. (2011). Effects of menu structure and touch screen scrolling style on the variability of glance durations during in-vehicle visual search tasks. *Ergonomics*, 54(8). (716-732).
- Lansdown, T. C., Brook-Carter, N. & Kersloot, T. (2004). Distraction from multiple in-vehicle secondary tasks: Vehicle performance and mental

- workload implications. *Ergonomics*, 47(1). (91-104). doi:10.1080/00140130310001629775.
- Lasch, A., & Kujala, T. (2012). Designing browsing for in-car music player: effects of touch screen scrolling techniques, items per page and screen orientation on driver distraction. In *Proceedings of the 4th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*. (41-48). ACM.
- Lazar, J., Feng, J.H. & Hochheiser, H. (2010). *Research Methods in Human-Computer Interaction*. West Sussex, UK: John Wiley & Sons.
- Lee, J. Y., Gibson, M., & Lee, J. D. (2015). Secondary task boundaries influence drivers' glance durations. In *Proceedings of the 7th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*. (273-280).
- Liikenneturva. (2016). Tarkkaamattomuus. Viitattu 2.3.2017. <http://www.liikenneturva.fi/fi/liikenteessa/ennakoiva-ajo/tarkkaamattomuus>
- Liu, Y. C., & Wen, M. H. (2004). Comparison of head-up display (HUD) vs. head-down display (HDD): driving performance of commercial vehicle operators in Taiwan. *International Journal of Human-Computer Studies*, 61(5). (679-697).
- Maciej, J., & Vollrath, M. (2009). Comparison of manual vs. speech-based interaction with in-vehicle information systems. *Accident Analysis & Prevention*, 41(5). (924-930).
- Mehler, B., Kidd, D., Reimer, B., Reagan, I., Dobres, J., & McCartt, A. (2016). Multi-modal assessment of on-road demand of voice and manual phone calling and voice navigation entry across two embedded vehicle systems. *Ergonomics*, 59(3). (344-367).
- National Highway Traffic Safety Administration. (2013). *Visual-Manual NHTSA Driver Distraction Guidelines for In-Vehicle Electronic Devices*. (NHTSA-2010-0053).
- Ranney, T. A., Mazzae, E., Garrott, R., & Goodman, M. J. (2000). NHTSA driver distraction research: Past, present, and future. In *Driver distraction internet forum* (Vol. 2000).
- Reason, J., Manstead, A., Stradling, S., Baxter, J., & Campbell, K. (1990). Errors and violations on the roads: a real distinction?. *Ergonomics*, 33(10-11). (1315-1332).
- Regan, M. A., Hallett, C., & Gordon, C. P. (2011). Driver distraction and driver inattention: Definition, relationship and taxonomy. *Accident Analysis & Prevention*, 43(5). (1771-1781).
- Roenker, D. L., Cissell, G. M., Ball, K. K., Wadley, V. G. & Edwards, J. D. (2003). Speed-of-processing and driving simulator training result in improved driving performance. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 45(2). (218-233). doi:10.1518/hfes.45.2.218.27241.
- Rydström, A., Aust, M. L., Broström, R., & Victor, T. (2015). Repeatability of the NHTSA Visual-Manual Guidelines Assessment Procedure. In *24th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV)* (No. 15-0240).

- Senders, J. W., Kristofferson, A. B., Levison, W. H., Dietrich, C. W., & Ward, J. L. (1967). The attentional demand of automobile driving. *Highway research record*, (195).
- Stutts, J., Feaganes, J., Reinfurt, D., Rodgman, E., Hamlett, C., Gish, K., & Staplin, L. (2005). Driver's exposure to distractions in their natural driving environment. *Accident Analysis & Prevention*, 37(6). (1093-1101).
- Tsimhoni, O., & Green, P. (1999). Visual demand of driving curves determined by visual occlusion. In *Vision in Vehicles 8 Conference, Boston, MA*.
- Tsimhoni, O., & Green, P. (2001). Visual demand of driving and the execution of display-intensive in-vehicle tasks. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 45, No. 23). Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications. (1586-1590).
- Tsimhoni, O., Smith, D., & Green, P. (2004). Address entry while driving: Speech recognition versus a touch-screen keyboard. *Human Factors*, 46(4). (600-610).
- Victor, T., Dozza, M., Bärghman, J., Boda, C. N., Engström, J., & Markkula, G. (2014). Analysis of Naturalistic Driving Study data: Safer glances, driver inattention, and crash risk. (No.S2-S08A-RW-1).
- Watson, J. B. (1913). Psychology as the behaviorist views it. *Psychological Review*, 20(2). (158-177).
- Wierwille, W. W. (1993). An initial model of visual sampling of in-car displays and controls. *Vision in vehicles*, 4. (271-280).
- Wierwille, W. W., & Tijerina, L. (1996). An analysis of driving accident narratives as a means of determining problems caused by in-vehicle visual allocation and visual workload. *Vision in Vehicles*, 5. (79-86).
- Yin, R. K. (2014). *Case study research: Design and methods* (5th ed.). Los Angeles: SAGE.
- Young, R. A. (2016). Evaluation of the Total Eyes-off-Road Time Glance Criterion in the NHTSA Visual-Manual Guidelines. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2602. (1-9).
- Zuckerman, M., Kolin, E. A., Price, L., & Zoob, I. (1964). Development of a sensation-seeking scale. *Journal of consulting psychology*, 28(6), 477.