

TARTU ÜLIKOOL
MATEMAATIKA-INFORMAATIKATEADUSKOND

Arvutiteaduse instituut

Infotehnoloogia eriala

Kristo Kõiv

**Hinnangud veebirakenduse kasutatavusele
ja esteetilisusele**

Magistritöö

Juhendaja: lektor Eno Tõnisson, MSc

Autor: “.....” 2011

Juhendaja: “.....” 2011

Lubatud kaitsmisele

Professor: “.....” 2011

TARTU 2011

Sisukord

| | |
|--|----|
| Sissejuhatus | 4 |
| 1. Kasutatavus ja esteetilisus..... | 5 |
| 1.1. Kasutatavus..... | 5 |
| 1.2. Kasutatavuse testimine | 7 |
| 1.3. Esteetilisus | 8 |
| 1.4. Esteetilisuse ja kasutatavuse mõõtmine HCI kontekstis..... | 10 |
| 1.5. Esteetilisuse ja kasutatavuse vaheline seos | 10 |
| 1.6. Kasutajate hinnang tootele HCI kontekstis | 16 |
| 1.7. Kasutatavus ja esteetilisus eestikeelses arvutialases teadustöös..... | 17 |
| 2. Eksperiment | 19 |
| 2.1. Eksperimendi kirjeldus | 19 |
| 2.1.1. Kasutatavust puudutavad muutujad | 21 |
| 2.1.2. Esteetilisust puudutavad muutujad..... | 22 |
| 2.2. Veebirakendus | 23 |
| 2.2.1. Veebirakenduse ülesehitus | 24 |
| 2.2.2. Veebirakenduse programmeerimine | 26 |
| 2.3. Uurimismeetod | 27 |
| 2.4. Hüpoteesid | 28 |
| 2.5. Katseisikud ja protseduur | 28 |
| 2.6. Uurimistulemused..... | 29 |
| 2.6.1. Üldised hinnangud..... | 29 |
| 2.6.2. Hinnangud lähtuvalt ajalisest järjekorrast | 29 |
| 2.6.3. Hinnangud erinevate hinnanguskaalade lõikes | 30 |
| 3. Arutelu | 44 |
| Kokkuvõte | 49 |
| Summary | 51 |
| Kasutatud kirjandus..... | 52 |
| Lisad | 59 |

Sissejuhatus

Infotehnoloogia levik pakub tänapäeva maailmas inimestele üha laialdasemaid võimalusi. Paljud inimesed kasutavad erinevaid infotehnoloogilisi vahendeid, näiteks mobiilseid seadmeid, personaalarvuteid jne. Neid seadmeid on tarvis juhtida (näiteks arvutihiire, nuppude, puutetundlike ekraanide abil) ja saada tagasisidet (näiteks ekraanilt, kasutajaliidestest abil). Käesolevas töös keskendutakse inimese-arvuti interaktsiooni valdkonnale. Inimese-arvuti interaktsioon (*Human-Computer Interaction*, HCI) on teadusharu, mis tegeleb inimese poolt kasutatavate interaktiivsete arvutisüsteemide disaini, hindamise ja rakendamisega ning sellealase uurimistööga (Hewett et al., 1992). HCI-alases kirjanduses on alati rõhutatud interaktsiooni, mida on peamiselt uuritud seoses sellega, et ehitada võimalikult efektiivset süsteemi, kasutades selleks erinevaid vahendeid. Efektiivust vaadeldi varem eelkõige kasutatavuse (*usability*) mõiste kaudu – näiteks vigade arvu ja ülesande lahendamiseks kuluva aja kaudu (Norman, 2004a). Kaasajal leitakse, et mistahes infotehnoloogilist vahendit kasutades kujuneb kasutajal selle kohta hinnang, mis on kasutamisosuste tegemisel väga oluline. Need hinnangud sõltuvad toote kasutatavusest ja ka muudest aspektidest, millest üks on esteetilisus (*aesthetics*). Miski on esteetiline kui see on ilus, kaunis ja maitsekas (Eesti keele sõnaraamat, 1999). Hinnangud esteetilisusele on juba iidsete filosoofide huviorbiidis olnud. Aegade jooksul on esteetilisuse olemust erinevalt mõtestatud ja temaatika pole oma aktuaalsust kaotanud tänapäevalgi.

HCI käsitlemisel saab välja tuua erinevaid ajajärke. Näiteks Nielsen (2008) eristab internetis kahte perioodi. Möödunud aastakümnel (2000-2010) oli paljude veebilehtede põhieesmärgiks see, et igast külastajast saaks kindlasti klient. Selle juures peeti veebilehe kasutatavust tähtsaimaks teguriks. Käesoleval dekaadil (2010-2020) hakatakse aga tähelepanu pöörama peamiselt kliendi lojaalsusele, et meelitada teda veebilehte korduvalt külastama. Eesmärgi muutus tähendab omakorda seda, et kasutatavuse kõrval hakkab kasutaja silmis üha enam rolli mängima selline aspekt nagu esteetilisus. Samasuguse trendina oli HCI-alases kirjanduses varem põhiliselt keskendutud vaid kasutatavuse (ja selle hinnangute) uurimisele, viimasel ajal aga on tähelepanu keskmes nii kasutatavus kui esteetilisus ning nende hinnangute omavahelised seosed. Selline varasem esteetiliste külgede tagaplaanile jätmine väljendub juba näiteks eesti vanasõnas „ilu ei sünni patta panna”, kust ilmneb, et esmalt eelistatakse siiski esemetes praktilisust.

Antud töös vaadeldakse kasutajate hinnanguid veebirakenduse kasutatavusele ja esteetilisusele. Esimeses osas antakse ülevaade sellealases kirjandusest (põgusalt ka eestikeelsest) ning uurimismeetoditest. Teine osa käsitleb magistritöö osana koostatud veebirakendust, milles eksperimendi käigus muudeti süstemaatiliselt kasutatavust (funktsionaalsete vigade ilmumine) ja esteetilisust (värvikombinatsioonid, ruumilisus) puudutavaid muutujaid. Veebirakenduses esitatud küsimustiku abil koguti uuritavate

hinnangud muutujate kombinatsioonidele seoses kasutatavuse ja esteetilisusega. Statistilist andmeanalüüsi kasutades võrreldakse kogutud hinnanguid veebirakenduse kasutatavusele ja esteetilisusele ning tulemusi vaadeldakse teemakohasest kirjandusest lähtuvalt. Töö lisades esitatakse veebirakendus ja selle lähtekood ning uurimistulemuste andmete analüüs.

Antud uurimuse eesmärgiks oli uurida üliõpilaste hinnanguid veebirakenduse kasutatavusele ja esteetilisusele, kombineerides erinevaid kasutatavust ja esteetilisust mõjutavaid muutujaid eksperimendi käigus.

Uurimus viidi läbi järgmistes etappides:

- 1) uurimuse planeerimine – töö kirjandusega ja eksperimendi planeerimine;
- 2) veebirakenduse programmeerimine *Flash* platvormil eksperimendi läbiviimiseks;
- 3) eeluurimus: eksperimendi tingimuste kontrollimiseks;
- 4) eksperimendi läbiviimine;
- 5) tulemuste analüüs.

1. Kasutatavus ja esteetilisus

1.1. Kasutatavus

Esemete kasutatavus on inimkonna jaoks eksisteerinud alates ajast, kui hakati kasutama tööriistu. See on tööriista või mõne muu objekti tunnus, mis näitab, kui kergesti kasutaja selle abil eesmärgi saavutab. Esimesi kasutatavuse-alaseid täheldusi võib otsida ergonoomika vallast, millealased ideed tekkisid tuhandete aastate eest (Pearrow, 2006). Ergonoomika on teadus inimesele kõige soodsamatest tegevusviisidest, -vahenditest ja -keskkonnast (Eesti keele sõnaraamat, 1999). Kasutatavuse arvestamine disainimisel kerkis esile siis, kui hakati oluliselt arvestama inimese vajaduste ja eesmärkidega. Näiteks rakendasid kreeklased 5. sajandil eKr ergonoomika ja kasutatavuse põhimõtteid teatriistmete ehitamisel, et neil võimalikult mugav istuda oleks (Pearrow, 2006). Tänapäeval käsitletakse ergonoomikat ja kasutatavust eraldiseisvatena. Näiteks ergonoomiline arvuti on selline, mille kasutamine ei põhjusta vigastusi, stressi, valu ja väsimust. Personaalarvuti on aga hästi kasutatav siis, kui kasutaja jaoks on interaktsioon sellega kerge ja nauditav (Kozierok, 2001).

Antud töös käsitletakse kasutatavust HCI kontekstis. Esimeste arvutite ilmumisest kuni 1970ndate lõpuni suhtlesid arvutitega eelkõige professionaalid. Kõik muutus, kui personaalarvutid 1980ndatel plahvatuslikult esile kerkima hakkasid. Laialdane tarkvara levik ja erinevad tarkvaraplatvormid tegid paljudest inimestest potentsiaalsed arvutikasutajad. Vajadus kasutada arvutit personaalse töövahendina tõi ilmekalt välja ka esimesed arvutiprogrammide kasutatavust puudutavad puudujäägid, mis innustasid kasutatavust HCI kontekstis uurima (Carroll, 2009). 1980ndatel loeti arvutialaselt hea kasutatavuse sünonüümideks kergust (*easy*) ja lihtsust (*simple*). Sellel ajal oli HCI disaini põhiliseks

väljakutseks see, et arvutiriistvara ja -tarkvara oleksid kergesti õpitavad ja kasutatavad (Shifferstein & Hekkert, 2008). Kasutatavuse uurimisel keskenduti peamiselt praktilist külge rõhutavatele aspektidele ning sellele, kuidas neid aspekte täiustades teha paremaid kasutajaliideseid. Kasutatavust vaadeldi kui tähtsamat aspekti interaktiivsete toodete kvaliteedi juures (Thüring & Mahlke, 2007). Varajases uuringus IBMi tollaegse miniarvuti kontorisüsteemi kasutamisest 1980ndate alguses (Mack, Lewis & Carroll, 1983) toodi välja, et kasutajate eelistuste kohaselt võiks tekstitöötlustarkvara olla visuaalselt võimalikult sarnane ja töötada samamoodi nagu päris trükimasin. Inimesed polnud tehnikaga kohanenud, ootused tarkvarale olid teistsugused. Tänapäeval võib aga paljude jaoks tunduda hoopis vastupidi: trükimasin on kui tekstitöötlustarkvara füüsilises vormis.

Väljakujunenud põhimõttes käsitleda kasutatavust kui vaid lihtsust ja kergust hakati aga 90ndate aastate alguses kahtlema. Väideti, et arvuti kasutamine millegi saavutamiseks on alati osa mõnest suuremast tööprotsessist. Töövahendite lihtsustamine võib muuta tööd iseennast vähem paindlikumaks, mis omakorda ohustab juba terve tööprotsessi toimimist. Vaieldi, et head kasutatavust ei saavutata ainult disainides kasutajaliideseid kergesti opereeritavaks, vaid need peaksid esitama väljakutseid, tekitama uudishimu ning võimaldama selliseid tegevusi, mida saaks katsetada ja millest õppida. (Shifferstein & Hekkert, 2008).

Rahvusvahelises arvutialases standardis ISO 9241 osa 11 (ISO 9241-11, 1998) defineeritakse kasutatavust: millisel määral ja mahus toodet saab kasutada, et saavutada teatud kindlaksmääratud eesmärgid seoses tulemuslikkuse (*effectiveness*), tõhususe (*efficiency*) ja rahuloluga (*satisfaction*). Tulemuslikkus tähistab täpsust ja täiuslikkust kindlaksmääratud eesmärkide saavutamisel. Tõhusust kirjeldatakse ressursidena, mida kulutatakse eesmärgi saavutamiseks vajaliku täpsuse ja täiuslikkusega. Rahulolu on ebamugavuse puudumine ja toote kasutamisest tulenev positiivne suhtumine. Tulemuslikkus ja tõhusus on selgesti hinnatavad näiteks õpitavuse, programmi jõudluse kiiruse ja kasutusvigade arvuga (Norman, 2004a). Sellepärast on nendele komponentidele üldjuhul rohkem tähelepanu pööratud. Siiski võivad olenevalt olukorrast ka mitteulatuslikud kasutatavuse vead olla hinnanguliselt frustrerivamad kui ulatuslikud (Mentis & Gay, 2003). Näiteks brauseris avanevad hüpikaknad, pidev tekstitöötlustarkvara automaatparandus, internetiühenduse häired jms. Rahulolu aga on palju subjektiivsem faktor (Hassezahl, 2001). Mõnikord nähakse seda kasutatavuse kõrvalproduktina. Rahulolu ei sõltu mitte ainult isikust, vaid ka kontekstist, kus toodet parasjagu kasutatakse (Lindgaard & Dudek, 2003) või samalaadselt sõltuvana tegutsemise eesmärgist (Hassenzahl, Kekez & Burmester, 2002).

Tarkvara kvaliteedi alane standard (ISO/IEC 9126-1, 2001) defineerib kasutatavust järgmiselt: millisel määral ja mahus kindlaksmääratud tingimustes on tarkvara kasutajale arusaadav, õpitav, kasutatav ja atraktiivne. Viimane definitsioon on aga standardis märgitud pigem

mõistena „kasutamise kvaliteet” (*quality in use*), mitte „kasutatavus”, kuna tegemist on spetsiifiliselt tarkvara kvaliteedi (sh kasutatavuse) testimisega (Bevan, 2001).

1.2. Kasutatavuse testimine

Kasutatavuse testimine (*usability testing*) on meetodika toote kasutatavuse kontrollimiseks, lastes seda kasutajatel katsetada. See annab otsese vastuse küsimusele, kuidas kasutajad tegelikult toodet kasutavad (Nielsen, 1993). Kasutatavuse testimise esimesed meetodid töötati välja 1980ndate aastate alguses, kui eelkõige tollased suurkorporatsioonid hakkasid märkama, et töötajate probleemid arvutite kasutamisel toovad neile otsest rahalist kahju.

Tarkvara ja veebilehtede kasutatavuse testimiseks on välja töötatud palju erinevaid meetodeid ning neid saab rakendada tarkvara arendustsükli erinevatel aegadel. Näiteks mõned neist (Bidgoli, 2004):

- 1) heuristiline testimine – kolm kuni viis eksperti inspekteerivad toote kasutatavust kindlate juhtnööride ja standardite alusel, tuues välja suuremad probleemid kasutatavuses;
- 2) heuristiline testimine kasutajate poolt – ülevaatajateks pole mitte eksperdid, vaid juhuslikult valitud lõppkasutajad;
- 3) laboriuuring – kasutaja paigutatakse ruumi, kus kõik tema liigutused salvestatakse ja mida hiljem analüüsitakse, kusjuures osalejaid on kas mitukümmend või kulude kokkuhoiu mõttes ka 4-5;
- 4) kaartide sorteerimine – ülesehitusliku struktuuri ja komponentide optimaalse asetuse määramiseks jagavad katseisikud gruppidesse ning paigutavad ümber sedeleid, mis tähistavad programmi erinevaid visuaalseid komponente;
- 5) valjusti mõtlemine – katseisikutele antakse ette ülesanded ja neil palutakse tegevuse käigus rääkida sellest, mida ja miks nad parajasti teevad;
- 6) intervjuud – vestlus ühe või mitme kasutajaga pärast toote kasutamist ja/või etteantud ülesannete täitmist;
- 7) küsimustikud – suuremale arvule kasutajatele esitatakse pärast toote kasutamist selle kohta küsimusi.

Tavaliselt on kasutatavuse testimise objektiks toode (näiteks veebileht) ja eesmärgiks teada saada, millisel määral on see toode kasutatav. Jälgitakse, kuidas kasutajad toodet kasutavad ja selle põhjal näiteks tuvastatakse vigu ning täiustamist vajavaid alasid. Antud magistritöös ei rakendatud kasutatavuse testimist selle tavatähenduses, vaid koguti kasutajate hinnangud veebirakenduse kasutatavusele erinevatel etteseatud juhtudel. Kusjuures kasutajatele esitleti kontrollitult kasutatavuselt halvemaid ja paremaid olukordi – muudeti süsteemi kasutatavust (ja teisi aspekte) ning koguti kasutajate hinnangud veebirakenduse kasutatavusele (ja teistele aspektidele) erinevatel juhtudel.

1.3. Esteetilisus

Viimasel ajal vaadeldakse HCI-alases kirjanduses kasutatavusest sügavamale ja otsitakse, mil moel inimesed hindavad teisi kvaliteete peale kasutatavuse. Üheks selliseks alaks ja enimuuritud mõisteks on kasutatavuse kõrval esteetilisus. Esteetilisuse ajalugu ulatub kaugele iidsete tsivilisatsioonide aegadesse ja on mõjutatud tolaegsest kunstist, loodusest ning tõekspidamistest, mida peeti ilusaks (Udsen & Jørgensen, 2005). Läänelikke arusaamu on kõige enam mõjutanud Vana-Kreeka ühiskond. Kreeka filosoofid hindasid esemeid peamiselt selle järgi, kui hästi nad sobisid ettenähtud kasutuseks ja nende valmistamismeisterlikkuse järgi. Renessansi ajal nähti ilu olevat tihedalt seotud loodusega – ilus disain toetus naturaalse ilu põhimõtetele. Ideed ilust formuleerusid ajapikku ümber esteetilisteks väärtusteks ja lõpuks asendasid neid (Lavie & Tractinzki, 2004). Tänapäevane esteetilisuse käsitlus saab alguse 1750. aastal ilmunud saksa filosoof Alexander Baumgarteni raamatust „Aestatica”, mis andis tõuke esteetilisuse filosoofilisele harule kui õpetusele, kuidas inimesed tunnetavad oma meeltega ilu maailmas (Udsen & Jørgensen, 2005). 18. sajandi lõpuks oli esteetilisuse mõiste saanud üldkasutatavaks (Lavie & Tractinzki, 2004).

Esteetilisuse roll disainis polnud algul väga tähtis, kuna eseme ilust tulenevat kasu ei peetud oluliseks. Tööstusrevolutsiooni ajal keskenduti masstootmisele ja esteetilised kaalutlused jäeti tahaplaanile. Kahekümenda sajandi alguses ilmusid tööstusdisaini uued ideed. Tolleaegsed disainerid hakkasid masstodangu disainile rakendama esteetilist lähenemist, kuna mõisteti, et see aitab kaasa edukale turustamisele (Petroski, 1993). Esteetilisusel võib olla suur kaal, et rahuldada inimese nõudeid, mida tootele esitatakse. Yamamoto & Lambert (1994) leidsid, et esteetiliselt nauditavatel omadustel on positiivne mõju inimeste toote-eelistustele, mis omakorda viis järeldusele, et hea tööstusdisain võib osutada suureks konkurentsieeliseks. Teisest küljest aga kritiseeritakse esteetilisuse eelistamist kasutatavusele (Norman, 1998). Märgitakse, et see, kui mõni toode võidab disainiauhinna, ei tähenda veel seda, et inimestel on seda ka kerge kasutada. Disaineritel tuleb pidevalt leida kesktee valikute vahel: kas suunata ressursi rohkem esteetilisusele või kasutatavusele.

Palju on käsitletud seda, kuidas moodustada HCI tervikut, pidades silmas mitte ainult kasutatavust, vaid selliseid termineid nagu ilu, nauding ja lõbu (Blythe et al., 2004; Hassenzahl, 2004; Shneiderman, 2004). Varem oldi HCI seisukohalt esteetilisuse suhtes võrdlemisi kahtleval seisukohal. Hinnanguliselt kõrge esteetilisusega tooteid on kritiseeritud kui selliseid, mis rõhutavad vaid ilu, jättes teised karakteristikud (näiteks kasutatavus) tagaplaanile (Russo & De Moraes, 2003). Näitena võib tuua üht esteetilise disaini ikooni staatusesse seatud sidrunipressi (Joonis 1), mida on halb kasutada halva ergonoomika tõttu. Selle kullatud versioon võib instruksiooni kohaselt isegi sidrunimahlast kahjustatud saada ja seetõttu palutakse seda mahla pressimiseks mitte kasutada (Norman, 2004b).



Joonis 1. Sidrunipress „Juicy Salif”, mida peetakse esteetiliseks, kuid halvasti kasutatavaks (Allikas: Norman, 2004b, lk 112)

Shneiderman (2004) arutab, kuidas saaks kasutajaliideseid teha selliseks, et neid oleks nauditav kasutada. Väidetavalt hakkavad disainerid rakendama kõikvõimalikke võtteid, et kasutajas positiivseid emotsioone tekitada, kasutades tähelepanu äratavaid metafoore, kaasakiskuvat sisu, atraktiivset ekraanigraafikat, veetlevaid animatsioone, helisid jne. Neid tunnuseid tuleks rakendada pärast seda, kui kasutatavus on toote disainis paigas. Samalaadselt on leitud, et näiteks kasutades animatsioone mobiilse kasutajaliidese laadimistsüklite ajal, suureneb kasutajate üldine hinnang süsteemi kasutatavusele ja esteetilisusele (Huhtala et al., 2010). Teisest küljest aga pakutakse, et kasutaja vajadusi ja toote edu silmas pidades tuleks võtta terviklikum vaade (Hassenzahl, 2004). Kõiki faktoreid, näiteks kasutatavust ja esteetilisust, peaks korraga vaatlema, mitte eelistama üht teisele või rakendama hiljem. Norman (2004b) väidab, et esteetiline disain võib mõjutada kasutaja eelistusi isegi rohkem kui kasutatavus. See väide peegeldab turunduses, tootedisainis ja sotsiaalpsühholoogias tuntud tõdemust, et ilu mõjutab inimeste reaktsioone. Kui seda rakendada tootele, siis võib see olla üks põhilisi faktoreid, mis määrab toote edu või läbikukkumise (De Angeli, Sutcliffe & Hartmann, 2006). Tõdemust toetab ka Schenkman & Jönsson (2000) uurimus, kus katseisikutel lasti hinnata veebilehti ja leiti, üldine hinnang oli kõige rohkem mõjutatud hinnangust ilule.

On leitud, et esteetilisus võib kasutaja hinnangutes olla suurema kaaluga kui kasutatavus. Karvonen (2000) täheldas, et ilu võib olla otsustav faktor, kui kasutajal tekib küsimus, kas veebiteenust usaldada või mitte. Fogg et al. (2003) töös uuriti rohkem kui 2600 katseisiku hinnangul veebilehtede usaldusväärsust ja leiti, et „kujunduse väljanägemine” oli enimmainitud märksõna ning see mõjutas kõige rohkem kasutajate arvamust. Uurijad ja disainerid peaksid märkama kujunduse mitte ainult puhtpraktilisi aspekte, sest uurimused on näidanud, et esteetilisus võib olla toote üldmulje kujunemisel väga tähtis.

1.4. Esteetilise ja kasutatavuse mõõtmine HCI kontekstis

Esteetilise mõõtmise ajalugu saab alguse Birkhoff (1932) katsega luua esteetilise mõõtmiseks matemaatilist teooriat. Ta leidis, et esteetiline mõõde (*aesthetic measure*) on pöördvõrdelises seoses objekti keerukusega (*complexity*) ja võrdelises seoses harmoonia, sümmeetria ja korruga (*order*). Informatsiooni visualiseerimise seisukohalt aga tekib küsimus, kuidas mõõta mõisteid „kord” ja „keerukus”. Birkhoffi teooria edasiarendamisega on paljud tegelenud, tuues valemisse pildi mustrid, värviintensiivsuse või üldise harmoonia (Filonik & Baur, 2009). Just subjektiivsuse tõttu on selliseid teooriaid kritiseeritud, mis üritavad kõike korruga üldisesse mõõdetavasse valemisse panna.

Autorile teadaolevalt on kaks erinevat uurimust, kus on välja töötatud meetod mõõtmaks esteetilisust ja kasutatavust koos HCI kontekstis. Lavie & Tractinsky (2004) uurimuses töötati välja küsimustik, mõõtmaks veebilehtede esteetilisust ja kasutatavust. Esteetilisust leiti HCI vallas olema eraldatava ja mõõdetavana. Uuringute käigus leiti kaks faktorit, mis mõjutasid osalenute hinnanguid esteetilisusele. Need olid klassikaline esteetilisus, mis rõhutab korrapärasust ja puhast disaini ning väljenduslik esteetilisus, mis tuleneb disaineri loovusest ja originaalsusest. Mõlemad esteetilise mõõtmest leiti olevat mõõdetav viiepunktilisel skaalal ja tõestati, et need on teineteisest selgelt eraldatavad. Rõhutatakse ka, et esteetilise uurimismeetodite arendamine on oluline, et paremini mõista, kuidas läheneda visuaalsele disainile parema ja kvaliteetsema HCI saavutamiseks.

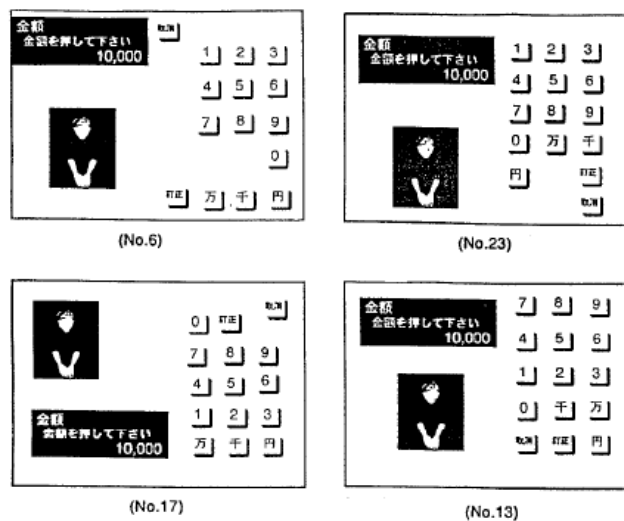
Uurides kasutatavuse ja esteetilise omavahelist seost ei piisa neist kummagi eraldi vaatlemisest ja mõõtmisest. Tekkis vajadus panna need ühte mudelisse ja välja töötada meetod nende hindamiseks koos. Seda tehti Marc Hassenzahli juhtimisel (Hassenzahl, Burmester & Koller, 2003; Hassenzahl, 2004) ja töötati välja uurimismeetod kasutatavuse ja esteetilise hinnangute uurimiseks. Hinnangute kogumiseks kasutatakse semantilise diferentsiaali skaalasid, kus tuleb valida sobiv punkt vastandlike omadussõna paaride vahel. Antud töös kasutatakse eespool viidatud uurimismeetodit ning seda käsitletakse lähemalt antud töö alapeatükis 1.6.

1.5. Esteetilise ja kasutatavuse vaheline seos

Interaktiivsete süsteemide esteetilisus HCI kontekstis tõmbab tähelepanu paljuski kahe vastaka seisukoha tõttu. Mitmetes uurimustes on leitud, et kasutajate poolt hinnanguliselt esteetilisemaid süsteeme peetakse sellest tulenevalt paremini kasutatavateks ehk hinnangute vahel esteetilisele ja kasutatavusele on seos. Teised aga pole uurimustes sellist seost täheldanud või leitakse see olevat mitte otsene, näiteks sõltuv kontekstist. Näiteks uurimustes (Kurosu & Kashimura, 1995a; Tractinsky, 1997; Tractinsky, Katz & Ikar, 2000) on ühelt poolt leitud, et esteetilise ja kasutatavuse hinnangud on omavahel otseselt seotud. Teisest küljest aga, nagu näiteks Hassenzahl (2004) väidab, et selline seos puudub. Või Lindegaard & Dudek (2003) uurimus kinnitab korrelatsiooni vaid teatud tingimustel. Tractinsky, Katz & Ikar

(2000) esitletud väidet „ilus on kasutatav” toetavad mõõndustega näiteks veebilehti käsitlevad uurimused Sutcliffe & De Angeli (2005) ja De Angeli, Sutcliffe & Hartmann, (2006).

1995. aastal esitlesid Kurosu ja Kashimura (1995a) võimalikku seost esteetilisuse ja kasutatavuse hinnangute vahel. Uurimuses kasutati sularahaautomaatide kasutajaliideseid, mis kõik olid samasuguse funktsionaalsusega – neil oli ühepalju nuppe ja nendega sai opereerida samamoodi. Küll aga olid mõnedes kasutajaliidestest nupud ja üldine paigutus hinnanguliselt atraktiivsem kui teistel (Joonis 2). Neid presenteeriti katseisikutele ja paluti hinnata kasutatavust ning esteetilisust. Leiti, et hinnanguliselt atraktiivsemaid peeti kergemini kasutatavateks ning esteetilisuse ja kasutatavuse hinnangute vaheline korrelatsioon oli kõrge.

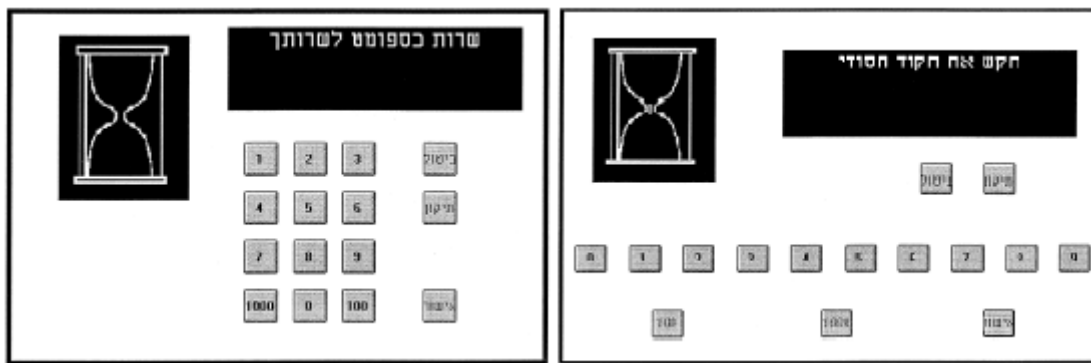


Joonis 2. Sularahaautomaatide kasutajaliideste kombinatsioonid. Hinnanguliselt kõrge kasutatavuse (no.6, no.23), madala kasutatavuse (no.17, no.13) , kõrge esteetilisusega (no.23, no.13) ja madala esteetilisusega (no.6, no.17) (Allikas: Kurosu & Kashimura, 1995a, lk 293)

Uurimuse teises osas (Kurosu ja Kashimura, 1995b) paluti osalenutel hinnata kasutatavust ja esteetilisust enne ja pärast samade sularahaautomaatidega opereerimist. Leiti, et enne opereerimist antud hinnang kasutatavusele oli seotud hinnanguga esteetilisusele, pärast aga mitte. Seega, esteetilisus mõjutas kasutatavuse hinnanguid enne kasutamist, pärast kasutamist aga mitte. Uuringus osalenud muutsid oma hinnanguid pärast kasutamist. Eelnevalt kirjeldatud uurimust (Kurosu & Kashimura, 1995a) korrati teistsuguse kultuurilise taustaga kasutajatel (Tractinsky, 1997). Rakendati sama protseduuri samade vahenditega. Tulemused toetasid eelnevalt leitud. Kasutajaliidese esteetilisuse ja kasutatavuse hinnangute vahel leiti olevat tugev korrelatsioon.

Teises uurimuses (Tractinsky, Katz & Ikar, 2000) vaadeldi hinnanguid sularahaautomaatide ekraanidele (Joonis 3) enne ja pärast automaatide kasutamist. Kasutatavuse modifitseerimiseks toodi sisse vigu. Näiteks ei töötanud sularahaautomaatidel vahel mõned nupud, ülesannete täitmise vahele lisati viivitusaegu ja eemaldati menüüdest otseteid, et

kasutajatel oleks sularahaautomaate keerulisem kasutada. Tulemused näitasid, et enne kasutamist oli esteetilisuse ja kasutatavuse hinnangute vahel tugev seos. Vastupidiselt aga Kurosu ja Kashimura (1995b) tulemustele olid hinnangud pärast kasutamist samasugused. Leiti, et pärast sularahaautomaatide kasutamist antud hinnangud olid mõjutatud liidese esteetilisusest ja polnud mõjutatud süsteemi tegelikust kasutatavusest. Selle uuringu tulemuste põhjal esitatakse väide „ilus on kasutatav”.



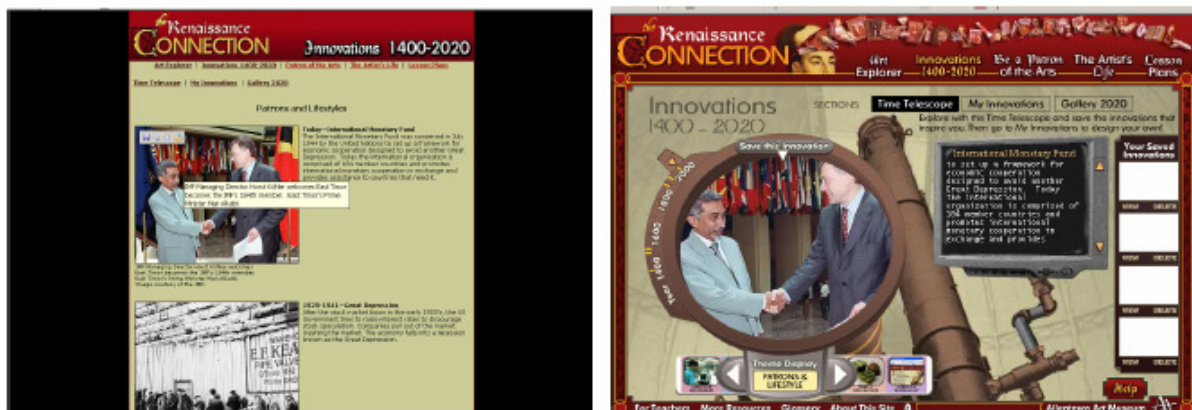
Joonis 3. Sularahaautomaatide kasutajaliideseid. Vasakul hinnanguliselt kõrge esteetilisuse ja kasutatavusega ekraan ning paremal hinnanguliselt madala esteetilisuse ja madala kasutatavusega ekraan (Allikas: Tractinsky, Katz & Ikar, 2000, lk 143)

Kampf (2004) kordas Tractinsky, Katz & Ikar (2000) uurimust, kuid tehes parendusi, et saavutada täpsemaid tulemusi. Kasutati küll samu sularahaautomaatide kasutajaliideseid, kuid muudeti kasutatavuse aspekti märgatavamaks – viivitusaegasid suurendati (0-0,5s), lisati nuppude mittetoimimist (juhuslikult keskmiselt iga viies), paluti kasutajatel toimingud võimalikult ruttu lõpule viia ning täiendati küsimustikku. Enne kasutamist oli kasutatavuse ja esteetilisuse hinnangute vahel tugev seos nagu eelnevas uurimuses. Kinnitati seda, et kasutajad märkasid, et kasutatavus oli teatud juhtudel halvem. Pärast kasutamist ei täheldatud, et kasutajate hinnangud kasutatavusele oleksid sõltunud esteetilisusest – seega need sõltusid kasutatavusest. Uurimuses ei kinnitatud väidet, et ilus on kasutatav.

Syarief & Hibino (2007) uurimuses korrati Kurosu ja Kashimura (1995b) ja Tractinsky, Katz & Ikar (2000) eksperimenti sularahaautomaatidega, tuues sisse kasutajaliidese värvuse. Tutvustati kromaatilisi (punane, sinine, kollane, roheline, lilla) kasutajaliideseid eelnevatest uurimustest tuntud musta-halli (akromaatiliste) kõrval. Leiti, et kromaatilised kasutajaliidese variandid mõjutasid kasutajate hinnanguid esteetilisusele ja kromaatilisi eelistati akromaatilistele. Samas kinnitati seost esteetilisuse ja kasutatavuse hinnangute vahel.

De Angeli, Sutcliffe & Hartmann (2006) korraldasid uuringu, kasutades kahte samasisulist, kuid erineva disainiga veebilehte (Joonis 4). Üks traditsiooniline (HTML) menüüpõhine, teine (*Flash*) loovamalt esitletud, milles kasutati interaktiivseid metafoore, animatsioone ja lõbusamat visuaalset üldpilti. Viimane oli kasutajatele hinnangul raskemini kasutatav, kuid ka

uudishimu tekitavam ja huvitavam. Tulemused näitasid, et *Flash*'i versiooni hinnati kõrgema esteetilisusega leheks, kuigi seda hinnati kasutatavuselt halvemaks. Samalaadseid tulemusi kinnitab veebilehtede uurimus (Sutcliffe & De Angeli, 2005), kus leiti, et osalejad eelistasid kõrgema esteetilisuse dimensiooniga liidest hoolimata sellest, et seda hinnati halvemini kasutatavaks. De Angeli, Sutcliffe & Hartmann (2006) uurimuses leiti veel, et hinnangud veebilehtedele sõltusid ka kasutaja eesmärgist ja ülesandest. Kui kasutajatele anti ülesandeks lihtsalt lõbu pärast veebilehtedega tutvuda ja infot otsida, siis eelistati hinnanguliselt kasutatavuselt halvemat *Flash*'i versiooni. Kui aga anti tõsisem – tulemustele orienteeritud ülesanne, näiteks kiire info leidmine, siis eelistati menüüpõhist varianti. Järeldati, et esteetilisuse ja kasutatavuse hinnangute vaheline seos on keerulisem kui väide „ilus on kasutada”. Hinnangud kasutatavusele ja esteetilisusele olid sõltuvad kontekstist ja tegevuse eesmärgist. Kui eesmärk on vähem tõsine, siis võib veebilehe esteetilisusel olla väga tugev haloefekt ehk et juhtumuse varjutab ülejäänud. Samamoodi nagu atraktiivsus mõjutab hinnanguid inimestele. Näiteks Dion, Berscheid & Walster (1972) uurimuses näidati katsealustele inimeste fotosid ja küsiti, millised isikuomadused neil inimestel võiks olla. Rohkem positiivseid isikuomadusi pakuti atraktiivsematele inimestele ja vähem hinnanguliselt mitteatraktiivsetele. Samasugust halo efekti tunnustati inimeste fotode puhul, mida esitleti arvutist (Reeves & Nass, 1996) ja leiti, et inimese suhtlus arvutiga on sama sotsiaalne ja loomulik, nagu suhtlus teise inimesega. Samalaadse eesmärgist sõltuva tulemuseni on jõutud ka Hassenzahl & Ullrich (2007) uurimuses, kus tõdeti, et kasutatavust peetakse tähtsamaks, kui interaktiivset toodet kasutatakse tähtsa või ajakriitilise ülesande täitmiseks, ja vähem tähtsaks, kui olukord on pingevabam ning eesmärk on infot avastada ja uurida.

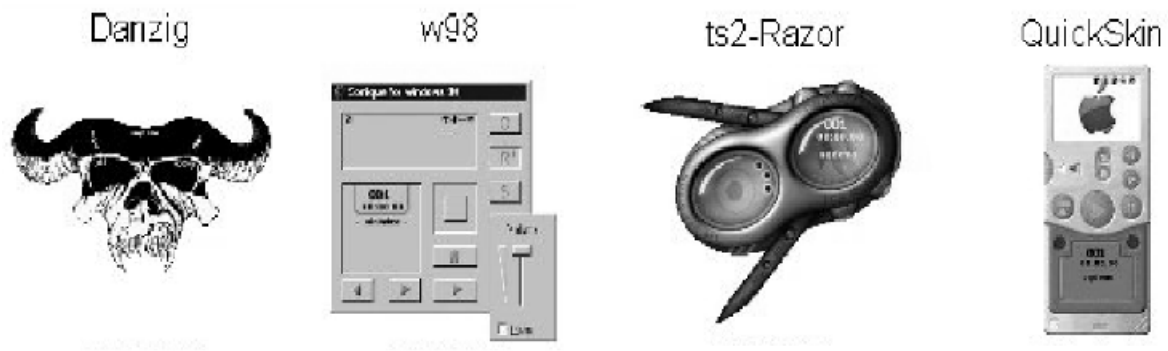


Joonis 4. Veebilehed De Angeli, Sutcliffe & Hartmann (2006) uurimuses. HTML vasakul ja Flash paremal (Allikas: De Angeli, Sutcliffe & Hartmann, 2006, lk 272)

Schaik & Ling (2009) uurimuses lasti hinnata veebilehti ja toodi kasutajate jaoks sisse eesmärk. Kui saite esitleti kasutajatele põgusalt ja ei püstitatud eesmärki, siis eelistati hinnanguliselt atraktiivsemaid lehekülgi. Kui aga kasutajatele anti ülesandeks leida leheküljelt konkreetset informatsiooni, siis eelistati traditsioonilise ülesehitusega veebilehete esteetiliselt

disainitud lehele. Uurimuses leiti, et hinnang esteetilisusele sõltub hindaja eesmärgist ja rakenduse valdkonnast ning ei kinnitata tõdemust, et ilus on kasutatav.

Hassenzahl (2004) eristas esteetilisuses hinnanguid ilule (*beauty*; emotsioone tekitav hinnanguline reaktsioon visuaalsele objektile kui tervikule) ja headusele (*goodness*; üldine hinnang tootele antud kontekstis). Hinnati toote kvaliteeti, mis koosnes lisaks esteetilisuse hinnangutele veel kasutatavusest ehk pragmaatilisest (*pragmatic*) kvaliteedist ja hedoonilisest (*hedonic*) kvaliteedist. Pragmaatiline kvaliteet (kasutatavus) tähistab kasutaja hinnanguid vajadusele saavutada tegevuslikke eesmärke ja see keskendub ülesandele. Hedooniline kvaliteet on selline hinnang tootele, kuivõrd see pakub kasutamisel naudingut ja rõhutab omandit ning see keskendub kasutaja isiklikele vajadustele. Uurimisobjektideks olid muusikamängimise programmi erinevad kestad (*skins*) (Joonis 5). Uuritavate hinnangud koguti enne ja pärast programmide kasutamist. Enne kasutamist leiti, et hinnangud ilule polnud seotud hinnangutega kasutatavusele. Sama kehtis ka pärast kasutamist. Hinnangud ilule olid seotud hinnangutega hedoonilisele kvaliteedile. Hinnangud headusele sõltusid aga nii hinnangutest kasutatavusele kui hedoonilisele kvaliteedile, eriti pärast kasutamist. Need tulemused näitasid, et kasutajad muudavad hinnanguid tootele pärast kasutamist. Ilu ja kasutatavuse vaheline seos puudus. Siiski leiti, et kasutatavuse hinnanguid mõjutasid hinnangud headusele. Headuse hinnangud omakorda moodustusid paljudest aspektidest nagu kasutatavuse ja hedoonilise kvaliteedi hinnangud. Ilu hinnangud olid seotud hedooniliste aspektidega. Pragmaatilist ja hedoonilist kvaliteeti ning ilu ja headust käsitletakse lähemalt alapeatükis 1.6.



Joonis 5. Hassenzahl (2004) kasutatud muusikamängimise programmi kestad. Hinnanguliselt ilusad (ts2-Razor ja QuickSkin) ja inetud (Danzig ja w98) (Allikas: Hassenzahl, 2004, lk 326)

Hassenzahl (2004) poolt leitud kinnitab ka Schaik & Link (2008) uurimus, kus veebilehtedele antud hinnangute alusel leiti, et ilu hinnanguid on seotud hinnangutega hedoonilisele kvaliteedile. Headuse hinnangud aga seotud nii hinnangutega toote hedoonilisele kui pragmaatilisele kvaliteedile.

Shrepp, Held & Laugwitz (2006) uurimuses kasutati tarkvara kolme varianti, mille funktsionaalsus oli identne, kuid mis erinesid visuaalse disaini ja navigatsioonielementide

poolest. Presenteeritud tarkvara oli kasutajate jaoks tööriist igapäevatoös. Seetõttu eeldati, et pragmaatilisel kvaliteedil on kasutajate hinnangutele tugevam mõju kui hedoonilistel. Tulemused näitasid aga, et mõlemat tüüpi kvaliteedi (pragmaatilise ja hedoonilise) hinnangud omasid mõju kasutajate eelistustele.

Thüring & Mahlke (2007) valisid välja neli kaasaskantavat muusikamängijat, millest igaüks oli hinnanguliselt rohkem esteetilisem ja/või kasutatavam kui teine. Täheledatai küll trendi, et esteetilisus võib mõjutada hinnangut kasutatavusele, kuid lõpptulemuseks loeti, et kasutaja hinnang tootele sõltus nii kasutatavusest kui esteetilisusest. Hinnang kasutatavusele mõjutas üldisi hinnanguid tootele rohkem kui esteetilisus.

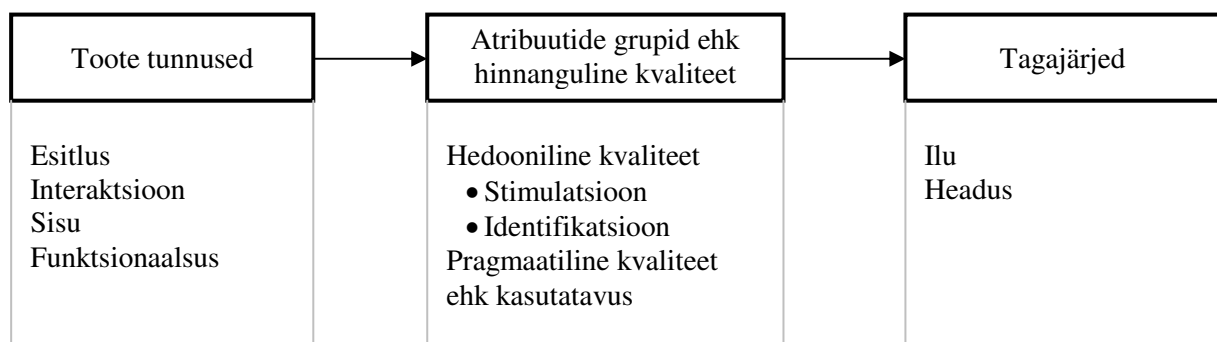
Lee & Koubek (2010) uurisid, kuidas muutusid hinnangud veebilehtede esteetilisusele ja kasutatavusele enne ja pärast süsteemi kasutamist. Leiti, et enne kasutamist mõjutasid katseisikute eelistusi peamiselt hinnangud esteetilisusele, pärast kasutamist aga mõjutasid eelistusi nii kasutatavus kui ka esteetilisus.

Erinevaid tulemusi ja järeldusi antud vallas prooviti seletada Lindgaard & Dudek (2003) töös, kus leiti, et esteetilisuse ja kasutatavuse hinnangute vahelist seost ei eksisteeri igat tüüpi kasutajaliidestest. Kasutajate ootused veebilehele mängisid suurt rolli hinnangutes. „Ilus on kasutada“ väidet tunnustati kehtivaks vaid ühe eksperimendi käigus, kus oli tegemist hästi kasutatava ja esteetiliselt veebilehega. Siiski kõrge esteetilisuse, kuid halva kasutatavusega leht hinnati kasutatavuselt madalamaks. Järeldatakse, et kasutatavuse hinnanguid mõjutab eelkõige toote kasutatavus, kuid samas ka esteetilisus. Leitakse veel, et hinnangud kasutatavusele sõltuvad sellest, mis eesmärgiga soovitakse veebilehte kasutada ja kui palju aega kasutajal seda teha on ning veel paljusest teistest muutujatest. Shrepp, Held & Laugwitz (2006) uurimuses pakutakse, et seosed sõltuvad igast konkreetsest kasutajaliidestest eraldi. Tulemusi mõjutab ka esteetilisuse hinnangute subjektiivsus. Pandir & Knight (2006) uurimuses prooviti tuvastada kasutajate eelistusi veebilehtede esteetilisusega seoses ja leiti, et esteetilisuse eelistuste kohta on väga keeruline järeldusi teha. Seda seletatakse inimeste erinevate maitseeelistustega. Arvutiprogrammi kasutatavuse kohta rõhutatakse ka rahvusvahelises standardis (ISO 9241-11, 1998), et see sõltub kasutamise kontekstist, asjaoludest ja kasutajast endast.

Kokkuvõtlikus uurimuses (Hassenzahl, 2010) analüüsitakse 15 uurimustööd esteetilisuse ja kasutatavuse kohta HCI kontekstis. Leitakse, et kõigi vaadeldud uurimuste lõikes on üldiselt esteetilisuse ja kasutatavuse hinnangute vaheline korrelatsioon võrdlemisi suur, kuigi täheledatakse, et varieeruvus tulemuste vahel on kõrge. Varieeruvust seletatakse sellega, et valitud on erinevad uurimismeetodid, uurimisobjektid ja katseisikud. Märgitakse ka, et ilu ja headust tuleks seoses esteetilisusega eraldi käsitleda.

1.6. Kasutajate hinnang tootele HCI kontekstis

Hassenzahl (2003) on välja töötanud mudeli kasutaja ja toote vahelise interaktsiooni kirjeldamiseks arvutialases kontekstis (Joonis 6). Selle kohaselt konstrueerivad kasutajad enda jaoks toote atribuudid (*attribute*), kombineerides toote tunnuseid (*feature*) isiklike ootuste või standarditega. Näiteks mingi kindla sisupaigutusega (tunnus) veebileht võib ühe kasutaja arvates olla uudne (atribuut) või teise arvates amatöörlik (atribuut). Mudeli kohaselt on tootel kasutajate jaoks kaks eraldiseisvat atribuutide gruppi: pragmaatilised (*pragmatic*) ja hedoonilised (*hedonic*) atribuudid. Pragmaatilised atribuudid (ehk pragmaatiline kvaliteet) on seotud kasutaja vajadustega saavutada tegevuslikke eesmärgid ja see keskendub ülesandele. Toodet peetakse pragmaatiliseks, kui kasutaja jõuab sellega tulemuslikult ja tõhusalt soovitud tulemuseni. Pragmaatilise kvaliteedi sünonüümiks antud mudelis (Joonis 6) on kasutatavus.



Joonis 6. Põhjuslik mudel kasutaja hinnangu kujunemisest toote kohta HCI kontekstis (Allikas: Hassenzahl & Monk, 2010, lk 238)

Hedoonilised atribuudid, mis keskenduvad kasutaja isiklikele vajadustele ja pakuvad kasutamisel naudingut ning rõhutavad omandit. Need on atribuudid, mis pole pragmaatilised, näiteks atribuudid „hämmastav”, „põnev” ja „huvitav”. Hedooniliste atribuutide grupp (hedooniline kvaliteet) jaotatakse veel omakorda stimulatsiooniks (*stimulation*), identifitseerimiseks (*identification*). Stimulatsioon rõhutab inimese vajadust isiklikule arengule. Kasutaja soovib, et tootes oleks midagi uutset või uusi võimalusi. Näiteks uuriti programmi *Microsoft Office Word* funktsionaalsuse üleküllust (McGrenere, 2000) ja leiti, et keskmiselt kasutati olemasolevast funktsionaalsusest 27%, siiski enamik kasutajatest ei sooviks, et kasutamata funktsionaalsus eemaldataks. Neid nähakse kui tulevikuvõimalusi isiklikuks arenguks. Sellist funktsionaalsust, mida hetkel realselt tarkvarast ei kasutata, kuid mis siiski tundub huvitav, peetakse hedooniliseks. Identifikatsiooni abil väljendab inimene end objektide kaudu – millegi omamist sotsiaalse eneseväljenduse eesmärgil.

Näiteks, kui on tarvis soetada uus haamer selleks, et nael seinä lüüa, siis pragmaatilisest küljest eelistab kasutaja haamrit, millega saab töö tehtud vähima pingutusega ja probleemidevabalt. Hedoonilisest küljest aga võib valituks osutuda mõne kindla kaubamärgiga haamer, et väljendada oma professionaalsust. Sellest tegevusest võib kasutaja

jaoks sündida uus huvi ja hobi, hoolimata sellest, et algseks eesmärgiks oli ühe naela seinalöömine. Eelistused sõltuvad tugevalt kasutajast endast. (Hassenzahl, 2003)

Põhjuslik mudel kasutaja hinnangu kujunemisest tootele (Joonis 6) annab seletuse selle kohta, milline on esteetilisusele antud hinnangute koht selles protsessis. Toote kasutamine viib välja tagajärgedeni, milleks on näiteks hinnangud selle esteetilisusele – ilule ja headusele. Seega mudeli kohaselt toote tunnused (näiteks, kuidas see esitletud on, mida see teeb) viivad kindlate hinnanguteni seoses tootega (näiteks kasutatavus), millel omakorda on kindlad tagajärjed (näiteks kui heaks toodet hinnatakse). Märgitakse, et selline põhjuslik mudel toimib paremini siis, kui toodet tegelikult kasutatakse. (Hassenzahl & Monk, 2010)

Loetletud kahe atribuutide grupi (pragmaatilised ja hedoonilised) ning esteetilisuse kahe aspekti (ilu ja headus) hinnangute mõõtmiseks töötati Hassenzahl, Burmester & Koller (2003) uurimuses välja meetod – semantiline diferentsiaal, et mõõta kasutaja hinnangut tootele ning uurimismeetodit nimetatakse *AttrakDiff*. Selle mõõtevahendi (semantilise diferentsiaali) edasiarendust *Attrakdiff2* (Hassenzahl, 2004) küsimustikku kasutatakse mõõtmaks kasutajate hinnanguid tarkvara kasutajaliideste kasutatavuse ja esteetilisuse kvaliteedile. Küsimustikku *Attrakdiff2* on kasutatud paljudes uurimustes, nagu näiteks Hassenzahl (2004) muusikamängijate tarkvara välimuse uurimisel; Schrepp, Held & Laugwitz, (2006) äritarkvara uurimisel; Isleifsdottir & Larusdottir (2008) töötundide arvestamise tarkvara kvaliteedi hindamisel; Adam et al. (2008) vanuritele mõeldud kodu automatiseerimise *Flash* rakenduse hindamisel. Lisaks on küsimustiku autorid loonud veebilehe www.attrakdiff.de, tutvustamaks hindamismeetodit ja lastes seda kõigil oma kasutajaliidese hindamiseks kasutada. *Attrakdiff2* küsimustik koosneb 21st seitsme-punktilisest skaalast, millega mõõdetakse kasutaja hinnangut toote hedoonilisele ja pragmaatilisele kvaliteedile (kasutatavusele) ning esteetilisusele (Hassenzahl, 2004).

Käesolevas uurimuses kasutati uurimismeetodina kirjeldatud küsimustikku *Attrakdiff2* ning vaadeldi kasutaja hinnangut toote kasutatavusele ja esteetilisusele (vt alapeatükk 2.3). Jäeti kõrvale hedooniline kvaliteet, kuna see on kõige subjektiivsem ja raskesti muudetav kontrollitavalt ning samas käsitletav eraldiseisvana (Hassenzahl, 2004; Hassenzahl & Monk, 2010, lk 255).

1.7. Kasutatavus ja esteetilisus eestikeelses arvutialases teadustöös

Eestikeelsetes uurimustes on kasutatud erinevaid termineid HCI kontekstis kasutatavuse kirjeldamiseks: „kasutatavus” (Põldoja, 2003; Mubarakšina, 2007; Moor, 2008; Sarapuu, et al., 2009), „kasutajakeskus” (Uukkivi, 2006; Moor, 2008; Sarapuu, et al., 2009) ja teisi termineid, näiteks „kasutajamugavus” ja „kasutajasõbralikkus” (Moor, 2008). Antud töös kasutatakse mõistet „kasutatavus”.

Eestikeelses arvutialases kirjanduses on kasutatavust peamiselt käsitletud veebilehtede disaini ja arendustsükli ühe osana. Põldoja (2003) töös disainitakse kasutajaliides, mille arendamisel arvestatakse kasutatavuse aspektidega. Uukkivi (2006) uurimuses vaadeldakse lähemalt kasutatavuse testimist ja kuidas seda veebilehe disainiprotsessi erinevatel faasidel mõõta. Testitud on ka kasutatavuse määra. Mubarakšina (2007) on meetodil heuristiline hindamine kasutajatel testinud avaliku sektori veebilehti ja leitud, et Eesti maavalitsuse veebilehtedel ei arvestata kasutatavusega. Moor (2008) testis veebilehe eesti.ee kasutatavust valjusti mõtlemise ja intervjuu meetodil ning leidis, et see on võrdlemisi raskesti kasutatav. Euroopa Liidu toel on valminud uuring (Sarapuu, et al., 2009), kogumaks kokku nõudeid ja juhendeid, et avaliku sektori veebilehti ja neis sisalduvat informatsiooni hõlpsamalt kättesaadavaks ja arusaadavaks teha. Uuring sisaldab hulgaliselt nõuandeid koos näidetega, et veebilehe kasutatavust paremaks muuta.

Eestikeelses teadustöös on seega autorile teadaolevalt uuritud kasutatavust HCI kontekstis, kuid peaaesjalikult seda, kuidas testida kasutatavust ehk testi tulemusel leitakse, millisel määral on mingi kindel süsteem kasutajate poolt kasutatav. Autorile teadaolevalt pole eestikeelses sellealases kirjanduses uuritud hinnanguid nii kasutatavusele kui esteetilisusele HCI kontekstis koos, mida aga vastavasisulisel väliskirjanduses võrdlemisi palju tehakse. Sellest tuleneb eelkõige teema aktuaalsus, et lisaks kasutatavusele käsitletakse antud uurimuses ka hinnanguid esteetilisusele.

2. Eksperiment

2.1. Eksperimendi kirjeldus

Paljudes uurimustes, mis käsitlevad kasutajaliideste esteetilisuse ja kasutatavuse hinnangute vahelist seost, on peamiselt muudetud kasutajaliidese kasutatavust, muutes nuppude ja info paigutust, kujundust jms (Kurosu & Kashimura, 2005a; 2005b; Hassenzahl, 2004; Shrepp, Held & Laugwitz, 2006; Lee & Koubek, 2010). Harvemini on kasutatavuse muutmiseks kasutatud funktsionaalsete vigade sissetoomist, näiteks nuppude mittetoimimist, viivitusvigu jms, nagu Tractinsky, Katz & Ikar (2000) uurimuses. On levinud ka sellised tööd, kus uurimisobjektiks on sellised kasutajaliidised, mis sisaldavad küll sama infot, kuid on täiesti erineva väljanägemisega sisupaigutuselt, graafiliselt jne (Sutcliffe & De Angeli, 2005; De Angeli, Sutcliffe & Hartmann, 2006). Antud eksperimendis muudeti kasutatavust just vähemuuritud funktsionaalsete vigade sissetoomise näol.

Suures osas kasutatavust ja esteetilisust HCI kontekstis käsitlevates uurimustes on uurimisobjektiks veebilehed, aga kasutatud on ka sularahaautomaatide ja mobiilsete seadmete kasutajaliidised, muusikamängija kestad jms (Hassenzahl & Monk 2010). Enamik neist toodetest on uurimiseks paljude teiste seast valitud. Vähem uurimisobjekte on aga spetsiaalselt uuringu jaoks koostatud, näiteks Tractinsky, Katz & Ikar (2000), De Angeli, Sutcliffe & Hartmann (2006). Käesoleva uurimuse eksperimendi tarbeks arendati kasutatavuse ja esteetilisuse hinnangute uurimiseks ainult selleotstarbeline veebirakendus.

Antud uurimuse eesmärgiks oli uurida üliõpilaste hinnanguid veebirakenduse kasutatavusele ja esteetilisusele, kombineerides erinevaid kasutatavust ja esteetilisust mõjutavaid muutujaid eksperimendi käigus. Täpsemalt muudeti eksperimendis kasutatavust – funktsionaalsete vigade olemasolu (vigade puudumine, hiirekliki viivitusvead, klikkide mittetoimimine) ning esteetilisust – värvikombinatsioon (kolm kombinatsiooni) ja ruumilisust (2D ja 3D). Käesolevas töös valiti veebirakenduse kasutatavust mõjutavaks muutujaks kahte tüüpi funktsionaalsete vigade esinemise või mitteesinemise sisseprogrammeerimine (Tabel 1). Esteetilisust valiti mõjutama kaks muutujat: värvid ja ruum (Tabel 1). Valiti kolm kahest värvist koosnevat kombinatsiooni. Ruumi esitleti kogu rakenduse sisupaigutuse ja objektide kuvamise näol kas kahemõõtmelisena või kolmemõõtmelisena – perspektiivis kujutatuna (vt muutujate väärtuste valiku põhjendust kahest järgnevast alapeatükist).

Veebirakenduses sai korraga esineda vaid iga muutuja üks väärtus. Hinnangud tuli koguda kõikide muutujakombinatsioonide kohta. Kõigi kolme muutuja väärtuste kombineerimisel nii, et iga muutuja iga kombinatsioon oleks esindatud, tekkis 18 erinevat kombinatsiooni (Tabel 2).

Tabel 1. Veebirakenduses esteetilisust ja kasutatavust mõjutavad muutujad ja nende erinevad väärtused

| Muutuja | Väärtused |
|-----------------------------------|---|
| Kasutatavus: funktsionaalsed vead | Vigade mitteilmnemine hiirega klikkimisel (vigu pole) |
| | Hiirekliki toimimise vead (toimimisvead) |
| | Hiirekliki viivituse vead (viivitusvead) |
| Esteetilisus: mõõde | Kahemõõtmeline sisupaigutus (2D) |
| | Kolmemõõtmeline sisupaigutus (3D) |
| Esteetilisus: värvus | Akromaatiline (must-hall) |
| | Kromaatiline 1 (punane-sinine) |
| | Kromaatiline 2 (roheline-kollane) |

Tabel 2. Eksperimendis kasutatud veebirakenduse muutujate väärtuste kõik kombinatsioonid

| Ruum | Värvus | Vead |
|------|--------|------|
| 2D | MO | EI |
| 2D | MO | VIG |
| 2D | MO | VIIV |
| 2D | RK | EI |
| 2D | RK | VIG |
| 2D | RK | VIIV |
| 2D | PS | EI |
| 2D | PS | VIG |
| 2D | PS | VIIV |
| 3D | MO | EI |
| 3D | MO | VIG |
| 3D | MO | VIIV |
| 3D | RK | EI |
| 3D | RK | VIG |
| 3D | RK | VIIV |
| 3D | PS | EI |
| 3D | PS | VIG |
| 3D | PS | VIIV |

Ruum:
 2D – kahemõõtmeline
 3D – kolmemõõtmeline
 Värvus:
 MO – akromaatiline: must ja hall
 RK – kromaatiline 1: roheline ja kollane
 PS – kromaatiline 2: punane ja sinine
 Vead:
 EI – vigu pole
 VIG – toimimisvead
 VIIV – viivitusvead

Kuna esitatavate muutujate kombinatsioonide arv oli võrdlemisi suur, siis oli vajalik koostada veebirakendus, mis koosneks lühikestest osadest ehk klippidest. Igas klipis oli esindatud üks kombinatsioon kõigi kolme muutuja ühest väärtusest, näiteks kahemõõtmeline, monokroomne ja ilma vigadeta klipp. Klipi lõppedes paluti kasutajal anda hinnangud nähtud klipile, millele järgnes juba uue klipi esitus. Lastes kasutajatel hinnata kõiki antud kombinatsioone (Tabel 2), koguti hinnangud kõigile 18 muutuja kombinatsioonidele. Eksperimenti planeerides otsustati, et klippide sisu oleks mänguline, et säiliks kasutaja tähelepanu, huvi ja keskendumine. Kasutaja ülesandeks sai klikkida 10 korda ühele kindlale suletud ruumis liikuvale ja pörkavale pallile/ringile (objektile). Objekte oli igas klipis kuus. Kasutaja sai

objektide pörkamist iga klikiga mõjutada. Kuvati kogutud punktide summat, kuni klipi lõpuni, mis tähendas vajaliku arvu punktide kogumist. (vt Lisa 1)

2.1.1. Kasutatavust puudutavad muutujad

Ben-Bassat, Meyer & Tractinsky (2006) uurimuses koostati paremini ja halvemini kasutatavad andmesisestusprogrammid. Selleks suurendati ülesande täitmiseks vajalike klahvivajutuste arvu. Kaheldi, kas ainult mingi kindla kasutatavuse aspekti muutmine kasutajate hinnanguid süsteemi üldisele kasutatavusele mõjutab, sest hinnangud kasutatavusele formuleeruvad paljudest asjaoludest. Leiti, et hinnangud süsteemi kasutatavusele muutusid hoolimata sellest, et mõned kasutatavuse aspektid jäid muutmata. Antud töös sooviti samuti muuta kasutatavust ja selleks aspektiks valiti funktsionaalsete vigade esinemine, programmeerides sisse kontrollitud veasituatsioone. Veatüüpide valikul lähtuti Tractinsky, Katz & Ikar (2000) uurimusest, kus toodi sularahaautomatide kasutatavuse muutmiseks sisse kahte tüüpi vead. Mõnede nuppude vajutamine ei toimunud esimesel katsel ja teiseks osade nuppude vajutamine andis tulemust pärast viivitust. Sellist tüüpi funktsionaalseid vigu (Tabel 1) rakendatigi antud eksperimendi jaoks koostatud veebirakenduses.

Nuppude mittetoimimist esimesel katsel Tractinsky, Katz & Ikar (2000) uurimuses on kritiseeritud (Hassenzahl, 2004; Kampf, 2004), et kasutajad ei pruukinud seda märgata, arvates, et ehk ei vajutanud nad piisavalt tugevalt. Kriitika tõttu otsustati antud eksperimendis mittetoimimist võimendada niimoodi, et juhuslikult 60% hiireklikkidest ei toimiks. Kui käesolevas eksperimendis oli vajalik esitleda toimimisviga, siis igal kasutaja klikil arvutati juhuarv vahemikus 1-100 ja selle järgi loeti, kas klikki antud tõenäosusega lubada või mitte.

Viivitusaeasid puudutav kirjandus on olnud pikka aega ühel arvamusel, et eksisteerib kolm gruppi (Miller, 1968; Card, Robertson & Mackinlay, 1991):

- 1) alla 0,1s on piir, et kasutaja tunneks, et süsteem toimib koheselt;
- 2) alla 1s on piir, kus kasutaja märkab viivitust, kuid säilib tähelepanu;
- 3) alla 10s on olemas kasutaja tähelepanu, kuid sellest pikem aeg kaotab selle ja kasutaja soovib teha midagi muud, kuni süsteem tegevuse lõpetab.

Nielsen (1993) sõnastab selle viivitusaeade põhimõtte ümber veebipõhiste süsteemide jaoks:

- 1) alla 0,1s on piir, kus kasutaja tunneb, et ta mõjutab otseselt kasutajaliidese objekte;
- 2) 0,1s-1,0s on viivitusaeag, kus kasutaja seda märkab, kuid arvab, et arvuti töötab parajasti protsessi kallal ja pikemat kui 1s viivitust tuleks kasutajale märku anda kursori muutmise või muul teel;
- 3) 10s on tähelepanu limiit, millest rohkem aega võtavad ülesanded vajaksid protsendiga tablood, kuna kasutaja soovib end seniks mõnele teisele ülesandele orienteerida.

Käesolevas eksperimendis sooviti, et kasutaja viivitust märkaks, kuid samas peaks tähelepanu säilima, seetõttu valiti vahemik 0,1s-1s ja konkreetselt valiti neist keskmine 0,6s. Viivitusvea ilmnemisel lisati iga kasutaja hiirekliki ja selle toimimise vahele 0,6s pikkune viivitus ehk iga hiirekliki tulemus avaldus viivituse võrra hiljem.

2.1.2. Esteetilisust puudutavad muutujad

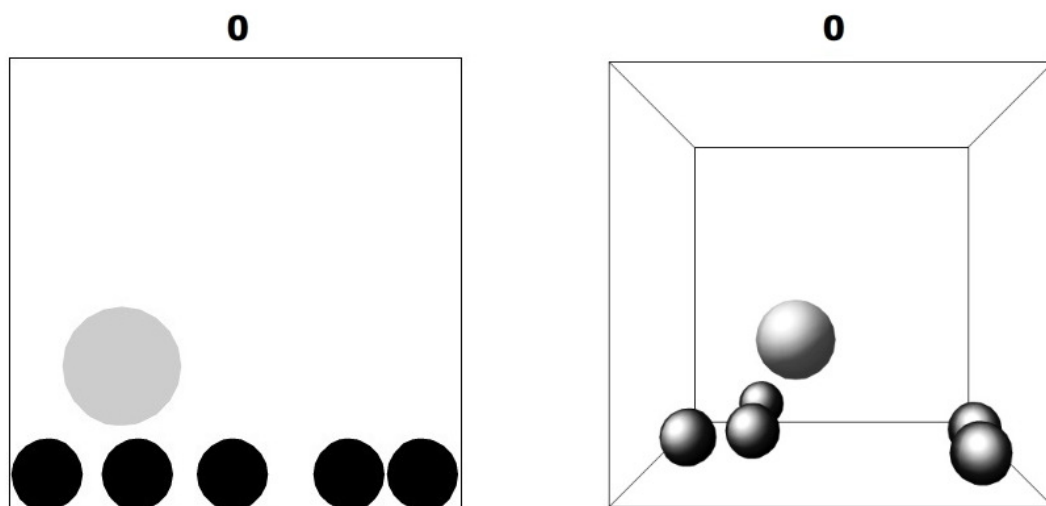
Üheks esteetilisust puudutavaks muutujaks veebirakenduses oli värvus. Inimene tajub kuut puhast värvi – valge, must, punane, sinine, kollane ja roheline. Rakenduse erinevates klipikombinatsioonides muudeti liikuvate objektide värvuseid akromaatiliste (hall, must) ja kromaatiliste värvuste (punane, sinine, kollane, roheline) vahel alati valgel taustal. Värvuste valikul toetuti eelnevalt kirjeldatud Syarief & Hibino (2007) uurimusele esteetilisuse ja kasutatavuse hinnangute seostest, kus muuhulgas uuriti ka seda, kuidas hinnatakse konkreetseid kromaatilisi ja akromaatilisi värve. Kõrgemaid hinnanguid anti kromaatilistest punasele ja sinisele ning madalamaid kollasele ja rohelisele. Akromaatilisi värve omakorda hinnati esteetilisuse skaalal võrreldes kromaatilistega madalamalt. Veebirakenduse jaoks moodustati kolm värvipaari: hall-must (akromaatiline), punane-sinine (kromaatiline 1) ja kollane-roheline (kromaatiline 2). Rakenduse foon ehk taust jäeti kõigil juhtudel samaks – neutraalselt valgeks ja piirjooned mustaks.

Viimasel ajal on arvutiprogrammidesse ja veebi juurutatud kolmemõõtmelisi (3D) kasutajaliideseid (objektide kuvamine perspektiivis ruumiliselt), traditsiooniliste kahemõõtmeliste (2D) asemele. Näidetena võib tuua kolmemõõtmelisi pildiotsingu tulemuste kuvamisi, muusikamängija menüüs albumite otsimist, virtuaalseid galeriisid, kolmemõõtmelisi mängu jpm. Sebrechts et al. (1999) uurimuses võrreldi eksperimentaalset tekstipõhist 2D ja 3D otsingutulemuste kuvamist. 3D sooritust peeti esteetiliselt parimaks, küll aga teatud asjaoludel, kui ülesanne ja kasutajaliides olid vastavad. 3D puhul märgiti veel jõudluse probleeme, kuid see oli pigem tollaegsest tehnoloogiast tingitud. Zayd (2003) võrdles 2D ja 3D kujutatud virtuaalseid veebigaleriisid. Leiti, et kahemõõtmelist eelistasid kasutajad, kes olid pigem informatsiooni otsimas ning kes ei osanud hästi ruumiliselt navigeerida. Kolmemõõtmelist eelistasid veebimaalimas kogenumad ja mängulisema eesmärgiga katseisikud. Kirjandusest kõlab läbi ühine põhimõte: kahe- ja kolmemõõtmelise kasutajaliidese eelistamine sõltub paljuski eesmärgist ja kasutajast. Just seetõttu on mõnedes rakendustes proovitud kasutada nii kahe- kui kolmemõõtmelist kujutamist koos, eesmärgiks saada kasutajatelt paremaid hinnanguid kasutajaliidese esteetilisusele. Näiteks operatsioonisüsteemi tasemel (Baumgärtner et al., 2007) või geoinfosüsteemide modelleerimises (Yingjun et al., 2009). Käesolevas uurimuses vaadeldakse, kuidas hinnatakse ruumilist mõõdet kasutatavuse ja esteetilisusega seoses HCI kontekstis. Arendatavasse rakendusse toodi sisse kolmas muutuja, ruum, mida käsitleti objektide kuvamisena perspektiivis kahe- või kolmemõõtmeliselt.

2.2. Veebirakendus

Valitud kolme muutujat (kasutatavus, värv, mõõde) plaaniti süstemaatiliselt veebirakenduse iga klipi puhul muuta. Kõik erinevad muutujate väärtused olid järgmised: kasutatavuse vigu pole, hiirekliki mittetoimimise vead, viivitusvead; objektide akromaatiline värvus, kromaatiline värvus 1, ja kromaatiline 2; kahemõõtmeline, kolmemõõtmeline ruum. Katseisikutele oli vajalik esitada kõik muutujate kombinatsioonid ja igapähe lasta hinnata.

Veebirakenduse arendamiseks kasutati *Flash*'i tehnoloogiat, et levitamine oleks veebi vahendusel hõlpsam ja antud tehnoloogia on installeeritud 99% internetti lülitatud arvutitest (Adobe, 2011). Kuna muutujate kombinatsioone oli palju (Tabel 2) ja selle tõttu ka arvatav aeg ühe katseisiku sessiooni kohta pikk ning lisaks tuli säilitada motivatsioon ja tähelepanu, siis otsustati mängulise rakenduse kasuks. Kasutajale kuvati igas kolmemõõtmelises klipis kast, mille sees paiknesid viis väiksemat ja üks suurem pall ja kahemõõtmelise puhul vastavalt ristkülik ning ringid (Joonis 7). Pallid/ringid (objektid) liikusid ruumis füüsikaseaduste kohaselt – omasid massi, gravitatsiooni, olid elastsed ehk põrkusid kasti seintelt ja üksteiselt. Kasutaja ülesandeks sai klikkida suuremale objektile, mille edukal sooritusel saadi punkt. Skoori kuvati ekraani ülaservas. Suuremal objektil klikkimise tagajärjel põrkas see vastupidises suunas võrreldes hiirekursori suhtelise asukohaga sellel, justkui oleks toimunud kokkupõrge hiirekursori ja objektiga täpselt hiirekliki hetkel. See lasi kasutajal ekraanil toimuvat mõjutada. Klipi käivitamisel paigutati väiksemad objektid iga kord juhuslikele positsioonidele kasti ülaossa ja suur objekt alla. Simuleeritud gravitatsiooni mõjul hakkasid objektid allapoole kukkuma ja põrkama.

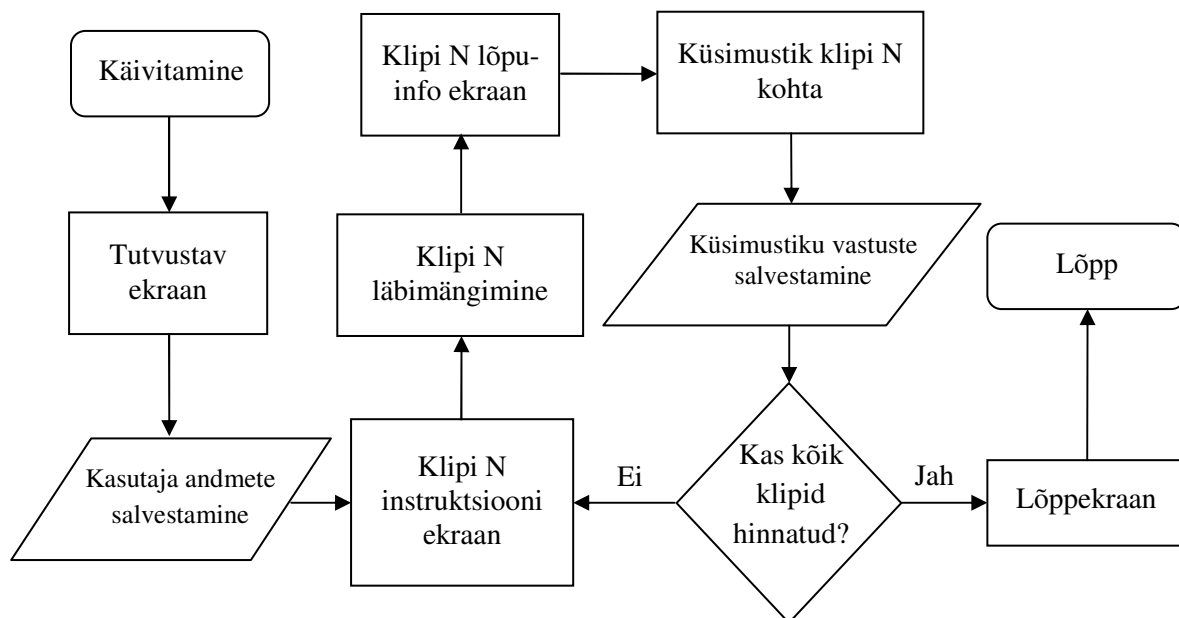


Joonis 7. Veebirakenduse klipi mänguekraanid. Kahemõõtmeline akromaatiliste värvidega (vasakul) ja kolmemõõtmeline akromaatiliste värvikombinatsioonidega (paremal)

Klipis, kus esinesid toimimisvead, ei lisatud 60% tõenäosusega punkti skoorile ja ka objekti liikumissuund ei muutunud hoolimata sellest, et klikitud oli õigel objektil. Viivitusvigadega klipil läksid kõik õiged hiireklikid arvesse, küll aga mitte koheselt vaid alles viivituse võrra (0,6s) hiljem lisati skoorile punkt ja muutus objekti liikumissuund. Väikesed ja suured objektid said erinevad värvidest vastavalt parajasti klipis vajalikule värvuse muutuja kombinatsiooni väärtuse kahele värvusele. Taust jäi alati valgeks ja raamid mustaks. Klipp sai läbi, kui kasutaja kogus kümme punkti, klikkides edukalt suuremale objektile (vt Lisa 1).

2.2.1. Veebirakenduse ülesehitus

Klippide esitlemiseks koostati veebirakendus, milles kuvati juhujärjekorras mänguklippe, esitleti uurimuses kasutatavat küsimustikku, salvestati küsimustikule antud vastuseid ja demograafilisi andmeid uuritavate kohta ning instrueeriti kasutajat. Rakenduse ülesehitus on kujutatud vooskeemil Joonis 8.



Joonis 8. Veebirakenduse vooskeem

Veebirakendus (*Flash* objekt) paigutati tühjale valge taustaga veebilehele, mille ainsaks sisuks oligi antud rakendus. Veebilehele sisenedes laeti rakendus alla. Rakenduse suuruseks oli 118KB. Selle allalaadimiseks kulub tänapäeval laialdaselt kasutatava lairibahendusega aega alla sekundi kuni mõni sekund. Lisati laadija, mis näitas allalaadimise progressi, et kasutaja ei teeks sekunditega järeldust, et leheküljel on midagi valesti ja ei lahkuks. Pärast laadimist käivitati ja kuvati rakendus. Esmalt presenteeriti tutvustav info ja juhised ning paluti sisestada üldine anonüümne info kasutaja kohta: sugu, vanus, eriala, õppeaste (bakalaureuse, magistri), kursus, õppevorm (statsionaar, avatud ülikool) (Joonis 9). Tekstiväljad, kuhu kasutajal oli võimalik ise teksti sisestada, piirati lubatud tähemärkide ja teksti pikkusega. Klikkides jätkamise nuppu, salvestati vastused ja kuvati esimese mängu juhise ekraani (Joonis

9) ning laiendati kogu rakendus täisekraanile, et kasutamise ajal vähendada segavaid faktoreid. Rakenduse käivitamisel genereeriti kõigile 18 kombinatsioonile juhujärjekord, et vähendada mõju tulemustele.

Teile esitatakse 18 arvutimängu simulatsiooni. Ülesanne nende mängimisel on üks – klikkida 10 korda kõige suuremale ringile või pallile. Mängu ei mängita aja peale. Pärast igat arvutimängu palutakse Teie hinnaguid igale mängitud mängule. Teie vastused on anonüümsed ja konfidentsiaalsed ning tulemusi kasutatakse teaduslikel eesmärkidel. Kogu protseduur võtab aega umbes 10 minutit. Täname teid ette osaluse ja hinnangute esitamise eest.

Palun määra Teie kohta käivad andmed ja vajutage "Jätka" ning algab esimene mäng. See aken laiendatakse üle ekraani.

Sugu: mees
 naine

Vanus:

Eriala/õppekava, kus õpite:

Õppeaste: bakalaureuse
 magistri

Kursus:

Õppevorm: statsionaar
 avatud ülikool

Algab mäng 1/18.

Palun klikkige hiirega 10 korda kõige suuremale ringile.
Mängu ei mängita aja peale.

Kristo Kõiv, TÜ infotehnoloogia magistrant, kristo.koiv@ut.ee

Joonis 9. Veebirakenduse tutvustav ja kasutaja andmeid koguv ekraan (vasakul) ning ühte kahemõõtmelist mänguklippi tutvustav ekraan (paremal)

Juhise ekraanile järgnes genereeritud juhujärjekorrast tulenev esimene klipp vastavate muutajakombinatsioonidega. Kui klipp läbi sai, siis teavitati kasutajat sellest vastava ekraaniga, et antud klipp on lõppenud. Sellele järgnes küsimustik vahetult läbimängitud klipi kohta (Joonis 10). Kui mõnele küsimusele vastust ei antud, siis paluti kasutajal seda teha, näidates asjakohast teadet ja enne edasi liikuda ei lubatud. Kõikidele küsimustele vastamisele järgnes uus mänguklipp (vastavalt juhujärjekorrale), millele eelnes taas tutvustav ekraan infoga juhise kohta. Kui kõik klipid olid läbi mängitud ja hinnatud, siis kuvati lõppekraan, mis sisaldas tänusõnu, autori kontakti ja juhiseid, kuidas rakenduse täisekraanist väljuda. (vt Lisa 1)

Palun märkige Teile sobiv koht igal hinnanguskaalal, andes hinnangu eelnevalt esitatud arvutimängule.

| | | | | | | | |
|------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|
| Ebamäärane | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Selge |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Ebapraktiline | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Praktiline |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Hea | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Halb |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Ilus | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Inetu |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Juhitamatu | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Kontrollitav |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Keerukas | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Lihtne |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Kohmakas | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Suunatav |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Mitte-ennustatav | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Ette-ennustatav |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Tehniline | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Inimlik |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

Joonis 10. Veebirakenduse ekraan küsimustikuga

2.2.2. Veebirakenduse programmeerimine

Mänguklippides sooviti rakendada realistlikku füüsikaseaduste kohast interaktiivset liikumist ja seda kas kolmemõõtmeliselt ruumis perspektiivis või kahemõõtmelises. *Flash*'i enda programmeerimisvahenditega polnud arendamise ajal võimalik luua täit kolmemõõtmelise ruumi kujutust. Objekte sai küll ruumis pöörata, kuid kõiki objekte loeti „lapikuks”. Samuti polnud sisse ehitatud füüsikamootorit ehk käsustikku, mis võimaldaks anda objektidele massi ja muid füüsilisi omadusi ning neid omavahel suhestada. Seetõttu tuli abi otsida avatud lähtekoodiga teekidest. Tarvis oli kahte põhilist komponenti: füüsikamootorit, mis liigutaks objekte ja arvutaks nendevahelisi seoseid 2D ja 3D ruumis, ning esitlejat, joonistajat – 3D mootorit, mis objekte vastavalt eelmise koordinaatidele ja juhistele ekraanile joonistaks. Esmalt leiti füüsikamootor *WOW* (Birembaut, 2009), mis osutus valituks, kuna sobib kokku paljude 3D mootoritega – nende objektikirjeldused on sarnased ja ühildatavad. Kõige levinum avatud lähtekoodiga 3D mootor *Flash*'ile oli arendamise ajal *Papervision3D* (Pv3D) (Papervision3D, 2009), see osutus esimeseks valikuks. Pv3D on populaarsuse tõttu arendatud võrdlemisi universaalseks, et sellega saaks võimalikult erinevad ülesandeid lahendada. See aga tingib omakorda, et mootor on arvuti jaoks ressursinõudlik. Kuna antud rakenduses oli ekraan laiendatud täisekraanile ja lisaks tegutses igas kujutatavas kaadris ka füüsikamootor, siis ilmnesid selged arvuti jõudluseprobleemid ja Pv3D vahenditega ei saanud antud ülesannet lahendada. Otsida tuli teisi mootoreid. Katsetati teisi levinud 3D mootoreid (*Away3D* (Away3D Flash Engine, 2009); *Sandy* (Sandy 3D Engine for Adobe Flash, 2009); *Alternativa* (Alternativa Platform – Flash 3D Multiplayer, 2009)) koos *WOW* füüsikamootoriga ja võeti arvesse dokumentatsiooni headust, funktsionaalsust ja koodistiili. Antud ülesande jaoks

osutus valituks *Sandy* 3D mootor. Kirjeldatud stseenist ühe klipi jaoks programmeeriti kahe ja kolmemõõtmeline variant, millele võis parameetritena seada erinevaid kasutatavuse, värvi ja mõõtme kombinatsioonide väärtuseid, et kõik nõutu saaks esitatud.

Katseisikute antud vastused tuli ka salvestada. *Flash*'i rakenduses on selleks kaks võimalust: üle PHP faili kirjutamine või salvestamine otse andmebaasi. Antud rakenduses kasutati esimest varianti. *Flash*'i rakendus postitas andmed PHP skripti, mis omakorda kirjutab need serveris asuvasse faili. Iga kasutajale genereeriti rakenduse esmasel laadimisel unikaalne identifitseerimisnumber. Identifitseeriva numbriga seotult kirjutati igal selle kasutaja andmete salvestamisel üks XML-kirje nii, et kokku moodustus suur XML-fail, mida oli hõlpus loetaval kujul andmetöötlusprogrammi, *Microsoft Excel*, ümber tõsta. Igal andmete salvestamisel lisati kirjesse ka kasutaja arvuti kohalik kellaaeg, et mõõta kulunud aega.

Enne veebirakenduse käikulaskmist korraldati eeluuring, kus esialgselt valminud rakendust lasti hinnata kolmel vabatahtlikul katseisikul, et leida ja kõrvaldada ilmnunud vead ning teha vastavalt kommentaaridele programmi täiendusi. Selle tulemusel lisati veebirakendusse funktsionaalsust, nagu tekstiväli, et toimub andmete salvestamine ja keelati selleks ajaks nuppude kasutamine. Samuti modifitseeriti liikuvate objektide parameetreid nii, et mänguklipp oleks sujuvam, loomulikum ja arusaadavam (vt Lisa 1).

2.3. Uurimismeetod

Leidmaks hinnanguid esteetilisusele ja kasutatavusele kasutati Hassenzahli (2004) väljatöötatud semantilise diferentsiaali hinnanguskaalasid (*AttrakDiff2*). Semantiline diferentsiaal (Osgood, Suci & Tannenbaum, 1957) on hinnangumeetod, millega mõõta hoiakuid, suhtumisi ja objektide tähendust inimese jaoks. Vastajal palutakse valida tema jaoks sobivaim koht skaalal kahe vastandliku omadussõna vahel. *AttrakDiff2* küsimustikuga mõõdetakse kasutaja hinnangut tootele HCI kontekstis (vt peatükk 1.6). Küsimustik koosnes üheksast hinnanguskaalast, uurimaks hinnanguid kasutatavusele ja esteetilisusele. Kasutatavuse hinnangute uurimiseks on Hassenzahl (2004) kasutatud seitset erinevat semantilise diferentsiaali skaalat: ebamäärane-selge, ebapraktiline-praktiline, juhitamatu-kontrollitav, keerukas-lihtne, kohmakas-suunatav, mitteennustatav-etteennustatav, tehniline-inimlik ning esteetilisusega seotud hinnangute uurimiseks on küsimustikus kaks skaalat: ilus- inetu, hea-halb. Kasutati 7-punktilist hinnanguskaalat iga vastandliku omadussõna paari puhul. Need omadussõnad seati skaalade otspunktidesse, kus vasakul olev omandas andmetöötluse jaoks numbrilise väärtuse 1 ja paremal olev 7. Katseisik sai valida igal skaalal ühe numbrilise väärtuse. Kõiki skaalasid lasti uuritavatel hinnata pärast iga mänguklipi lõppu (Joonis 10). Hinnanguskaaladele antud vastused salvestati programmeeritud veebirakenduses ja kasutati andmetöötluseks.

2.4. Hüpoteesid

Toetudes eelnevatele uurimustele, vaadeldakse antud uurimuses alljärgnevate hüpoteeside paikapidavust.

1. Akromaatilist värvikombinatsiooni (hall-must) hinnatakse esteetilisust puudutavatel hinnanguskaaladel (hea-halb, ilus-inetu) madalamaks võrreldes kromaatiliste värvikombinatsioonidega. Toetutakse Syarief & Hibino (2007) uurimusele, kus on leitud, et akromaatiliste värvide kasutamine kasutajaliideses mõjutab hinnangut esteetilisusele madalamaks kui kromaatiliste värvide puhul.
2. Kahele kromaatilisele värvikombinatsioonile antakse erinevaid hinnanguid nii, et punane-sinine hinnatakse esteetilisust puudutavatel hinnanguskaaladel (hea-halb, ilus-inetu) kõrgemaks võrreldes roheline-kollane. Hüpotees põhineb uurimistulemusel, et esteetilisuse seisukohalt anti kõrgemaid hinnanguid punasele ja sinisele ning madalamaid kollasele ja rohelisele (Syarief & Hibino, 2007).
3. Kolmemõõtmelist veebirakendust hinnatakse esteetilisust puudutavatel hinnanguskaaladel kõrgemalt võrreldes kahemõõtmelisega. Kolmas hüpotees toetub mitmetele uurimustele (näiteks Sebrechts et al., 1999; Zayd, 2003; Baumgärtner et al., 2007; Yingjun et al., 2009), kus on uuritud, kuidas kasutajad eelistavad samalaadseid arvutisüsteeme, mis erinevad ruumilise kujutamise poolest. On leitud, et kasutajad eelistavad esteetilisuselt kolmemõõtmelisi kahemõõtmelistele.
4. Hinnangud kasutatavusele on positiivsemad veebirakenduse klippides, kus pole sisseprogrammeeritud vigu. Antud uurimuses kontrollitakse, kas kasutajate hinnangutes veebirakenduse kasutatavusele avaldusid programmis esitatud funktsionaalsete vigade esinemine ja mitteesinemine. Uurimusi, kus kasutatavuse mõjutamiseks on kasutajate jaoks esitatud funktsionaalseid vigu, on kritiseeritud. Heidetakse ette, et sihilikult programmi lisatud vead ei avaldu hinnangutes kasutatavusele. Näiteks on Tractinsky, Katz & Ikar (2000) uurimust sellekohaselt kritiseeritud Hassenzahl (2004) ja Kampf (2004) poolt.

2.5. Katseisikud ja protseduur

Kasutati mugavusvalimit ning veebirakenduse link saadeti mitmetesse Tartu Ülikooli haridusteaduste instituudi meililistidesse. Eksperimendis kasutatud veebirakenduse läbimängimine ja küsimustiku küsimustele vastamine oli vabatahtlik ning mingeid hüvesid selle eest kasutajatele ei pakutud.

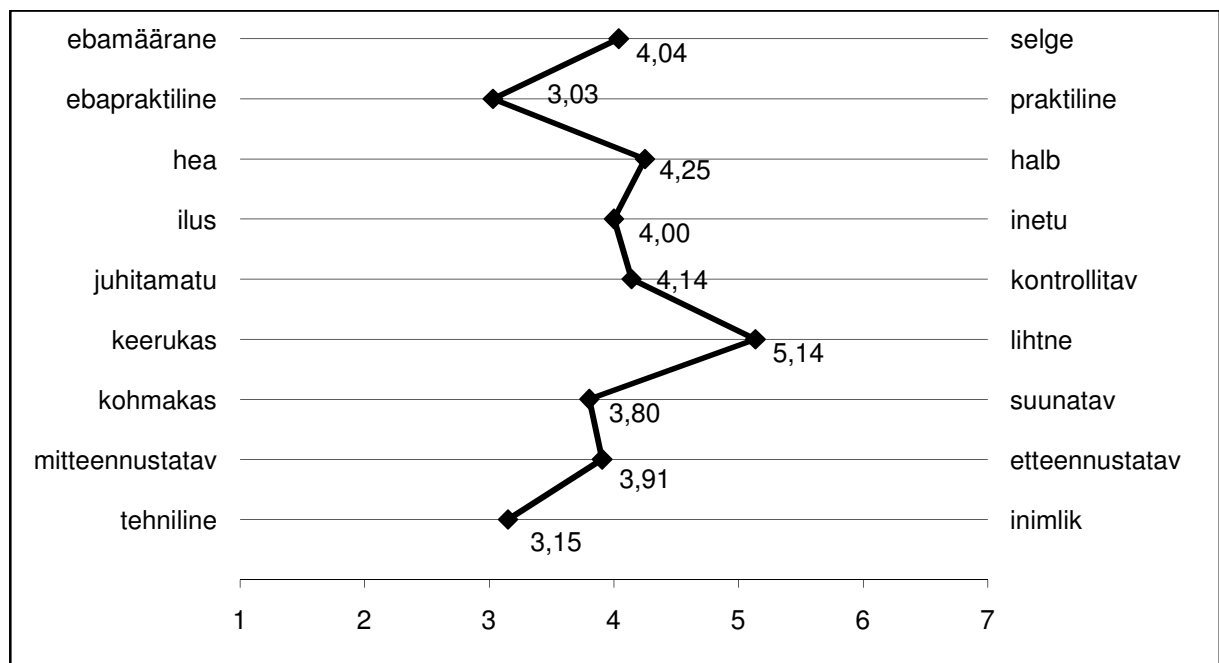
Veebirakendust käivitati ja sisestati anonüümne info 169 katseisiku poolt. Vähemalt ühe klipi läbis ja küsimustikule vastas 158 isikut. Klipid esitati juhujärjekorras ja seetõttu sai statistilisteks arvutusteks kasutada ka nende katseisikute andmeid, kes jätsid veebirakenduse kasutamise pärast vähemalt ühe klipi hindamist pooleli. 119 kasutajat (75%) mängisid kogu veebirakenduse lõpuni. Kokku salvestati ja kasutati andmetöötlemises vastuseid 2382 klipi mängukorrale. 89% vastanutest olid naised ja 11% mehed (jaotumine arvatavasti tingitud

antud meililistide koosseisust). Keskmiseks vanuseks oli 25.9 aastat. Eksperiment viidi läbi ajavahemikul 13.-30. aprill 2010.

2.6. Uurimistulemused

2.6.1. Üldised hinnangud

Semantilise diferentsiaali skaalade väikseim arvuline väärtus oli 1 ja suurim 7. Üle kõikide hinnanguskaalade vastuste arvatud aritmeetilised keskmised (Joonis 11) näitavad, et kõiki veebirakenduse klippe kalduti pidama lihtsateks, ebapraktilisteks ja tehnilisteks.



Joonis 11. Hinnanguskaalade aritmeetilised keskmised kõikide veebirakenduse klipide puhul

2.6.2. Hinnangud lähtuvalt ajalisest järjekorrast

Keskmiselt kulus kasutajatel kõikide veebirakenduse kombinatsioonide läbi mängimiseks ja vastamiseks kokku 14 minutit ja 30 sekundit. Mõnel osalejal kulus aega üle poole tunni. Mediaan oli 11 minutit ja 39 sekundit.

Kuna ajaliselt võttis kogu veebirakenduse läbimine kasutajatel võrdlemisi kaua aega, siis esimene küsimus, mis tekib on, et kas kasutajate hinnangud ajas muutusid. Kuna kombinatsioone esitleti juhujärjekorras, siis saab seda kontrollida. Küsimustikule antud vastused jaotati kaheks nii, et esimeses osas oleks need kombinatsioonid, mis presenteeriti, võrreldes teistega, alguses ja teises osas need, mis presenteeriti konkreetse kasutaja jaoks hiljem. Kuna kokku oli tegemist 18 erineva klipiga, siis jaotuspunktiks sai mänguklipp, mis presenteeriti üheksandana. Igale hinnanguskaalale kogutud andmed jaotati kaheks, olenevalt

sellest, kas vastus oli antud mänguseeria alguses (esitatud järjekorras 1.-9.) või lõpus (esitatud järjekorras 10.-18.) ja võrreldi neid omavahel.

Klippide ajaline esitlemine ei mõjutanud oluliselt hinnanguid kuuel hinnanguskaalal (Tabel 3). Statistiliselt olid oluliselt erinevad (t-test) järgmiste skaalade keskmised: keerukas - lihtne ($p=0,007$), kohmakas - suunatav ($p=0,007$), mitteennustatav - etteennustatav ($p=0,001$). Seega veebirakenduse mänguklippe hakati hindamissessiooni lõpus hindama keerukamateks, suunatavamateks ja etteennustatavamateks kui sessiooni alguses.

Tabel 3. Hinnanguskaalade aritmeetilised keskmised klippide ajalise presenteerimise järgi, t-väärtused ja statistiliselt olulised erinevused erinevatel hinnanguskaaladel

| Hinnanguskaala | Alguses (A) | Lõpus (B) | t-väärtus (A-B) |
|----------------------------------|-------------|-------------|-----------------|
| ebamäärane - selge | 4,11 | 3,95 | 1,77 |
| ebapraktiline - praktiline | 2,97 | 3,10 | -1,68 |
| hea - halb | 4,22 | 4,29 | -1,02 |
| ilus - inetu | 4,02 | 3,98 | 0,48 |
| juhitamatu - kontrollitav | 4,14 | 4,14 | 0,07 |
| keerukas - lihtne | 5,23 | 5,03 | 2,70** |
| kohmakas - suunatav | 3,70 | 3,91 | -2,69** |
| mitteennustatav - etteennustatav | 3,74 | 4,09 | -4,21** |
| tehniline - inimlik | 3,14 | 3,17 | 0,28 |

* $p<0,05$; ** $p<0,01$

2.6.3. Hinnangud erinevate hinnanguskaalade lõikes

Järgnevalt vaadeldakse igale üheksale hinnanguskaalale antud vastuseid eraldi. Lisaks võetakse kokku esteetilisuse ja kasutatavuse üldskaalad. Kasutatavuse üldskaala moodusus kõikidest kasutatavust mõõtvatest hinnanguskaaladest: ebamäärane - selge, ebapraktiline - praktiline, juhitamatu - kontrollitav, keerukas - lihtne, kohmakas - suunatav, mitteennustatav - etteennustatav ja tehniline - inimlik. Esteetilisuse üldskaala alla kuulusid kaks esteetilisust mõõtvat hinnanguskaalat: hea - halb ning ilus - inetu.

Iga hinnanguskaala kohta koguti andmed kõigil 18 klipil, kus kajastusid kõikide esitatud muutujate (vead, värvus, mõõde) väärtuste kombinatsioonid. Igal hinnanguskaalal võrreldi kõikidele muutujate kombinatsioonidele antud vastuste keskmisi omavahel, leidmaks, millistele kombinatsioonidele antud vastused olid teistest statistiliselt oluliselt erinevad. Kogutud andmete põhjal tehti kindlaks kas ja millised muutujate väärtused olid mingil skaalal hinnatud kummagi vastandliku omadussõna tähendusele rohkem või vähem vastavaks. Andmeanalüüsiks kasutati t-testi meetodit. T-test on statistiline funktsioon kahe üldkogumi keskväärtuste võrdlemiseks. Kõigepealt rakendati kahe võrreldava kombinatsiooni kodeeritud vastustele F-test, leidmaks, kas varieeruvus võrreldavates üldkogumites on erinev. Sellest

tulemusest sõltuvalt rakendati vastavat t-testi, leidmaks, millise tõenäosusega on kahe klipile antud hinnangud statistiliselt oluliselt erinevad. Olulisuse nivoooks seati vähemalt 0,05. Kirjeldatud andmeanalüüsi meetodit rakendati igal skaalal (ka kahel üldskaalal) kõikide muutujate väärtuste kombinatsioonide omavaheliseks võrdluseks. Andmetötluseks kasutati *Microsoft Excelit*. *Excelis* on vahendid t-testi leidmiseks kahe üldkogumi võrdlemiseks (Kaart, 2002). Antud uurimuses tuli võrrelda väga paljusid andmekogumeid omavahel (324 võrdlust iga 9 skaala kohta), seetõttu osutus otstarbekaks antud operatsioon automatiseerida. Excel võimaldab programmeerimist läbi *Microsoft Visual Basic for Applications (VBA)*, suhtlemaks andmetabeliga. Leidmaks kirjeldatud meetodil t-statistiku väärtuseid ja olulisuse tõenäosust programmeeris autor *VBA Macro* (vt Lisa 2).

Võrreldes kõikvõimalikke veebirakenduse klippide kombinatsioone omavahel hinnanguskaalal ebamäärane-selge, ilmnesid statistiliselt olulised erinevused (mõõdetuna t-statistikuga) järgmiste klippide vahel (Lisa 3, Joonis 12):

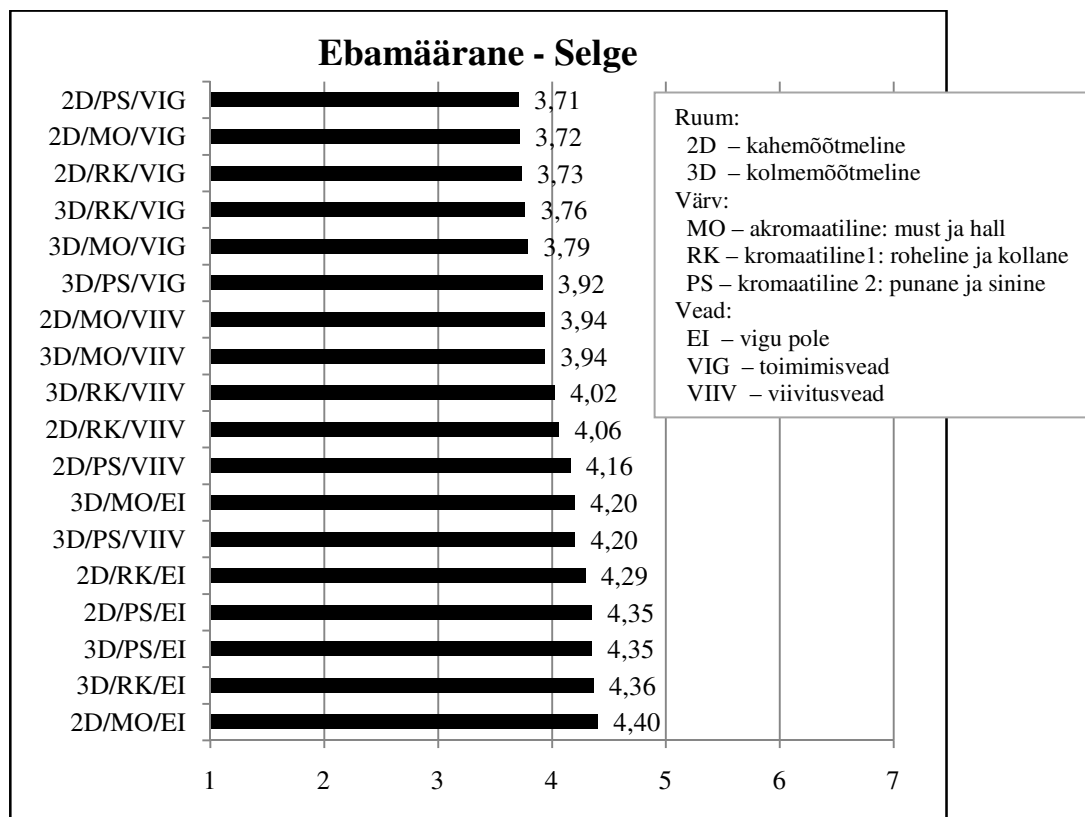
2D/PS/VIG võrreldes 2D/RK/EI, 2D/PS/EI, 3D/PS/EI, 3D/RK/EI, 2D/MO/EI;

2D/MO/VIG võrreldes 2D/RK/EI, 2D/PS/EI, 3D/PS/EI, 3D/RK/EI, 2D/MO/EI;

2D/RK/VIG võrreldes 2D/RK/EI, 2D/PS/EI, 3D/PS/EI, 3D/RK/EI, 2D/MO/EI;

3D/RK/VIG võrreldes 2D/PS/EI, 3D/PS/EI, 3D/RK/EI, 2D/MO/EI;

3D/MO/VIG võrreldes 2D/PS/EI, 3D/PS/EI, 3D/RK/EI, 2D/MO/EI.



Joonis 12. Hinnangute aritmeetilised keskmised skaalal ebamäärane-selge kõikidel veebirakenduse klippidel

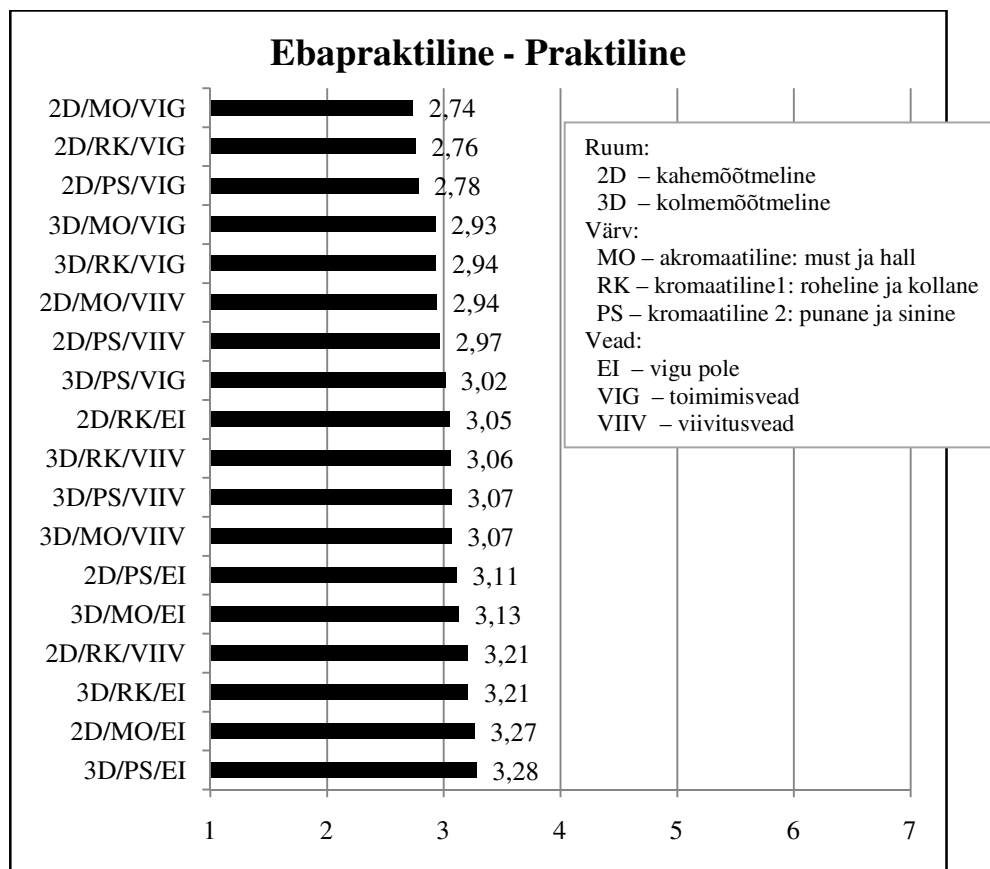
Selgelt eraldub hinnangutes statistiliselt olulistest erinevustest kaks klippide gruppi: viis kõige ebamäärasemat ja viis kõige selgemat. Toimimisvigadega kombinatsioone hinnati ebamääraseks ja ilma vigadeta selgeteks. Viivitusvigadega kombinatsioone kalduti hindama keskmiselt, kuigi statistiliselt olulisi erinevusi teiste klippidega ei ilmnunud. Ruumilisuse ja värvi kohta selgeid tendentse välja tuua ei saa.

Võrreldes kõikvõimalikke veebirakenduse klippide kombinatsioone omavahel hinnanguskaalal ebapraktiline-praktiline, ilmnesid statistiliselt olulised erinevused (möödetuna t-statistikuga) järgmiste klippide vahel (Lisa 4, Joonis 13):

2D/MO/VIG võrreldes 2D/RK/VIIV, 3D/RK/EI, 2D/MO/EI, 3D/PS/EI;

2D/RK/VIG võrreldes 2D/RK/VIIV, 3D/RK/EI, 2D/MO/EI, 3D/PS/EI;

2D/PS/VIG võrreldes 2D/MO/EI, 3D/PS/EI.



Joonis 13. Hinnangute aritmeetilised keskmised skaalal ebapraktiline - praktiline kõikidel veebirakenduse klippidel

Eralduvad klipikombinatsioonide grupid: kolm ebapraktilisemat ja kolm praktilisemat. Saab teha järelduse, et ebapraktiliseks hinnati toimimisvigadega ja praktiliseks ilma vigadeta klippe. Viivitusvigade, ruumilisuse ja värvi kohta selgeid tendentse välja tuua ei saa. Siiski saab välja tuua tendentsi, et kahemõõtmelisi klippe kalduti hindama ebapraktilisemaks ja kolmemõõtmelist praktilisemaks.

Võrreldes kõikvõimalikke veebirakenduse klippide kombinatsioone omavahel hinnanguskaalal hea-halb, ilmnesid statistiliselt olulised erinevused (mõõdetuna t-statistikuga) järgmiste klippide vahel (Lisa 5, Joonis 14):

3D/PS/VIIV võrreldes 2D/PS/VIIV, 3D/MO/VIG, 3D/MO/VIIV, 2D/RK/VIG, 2D/PS/VIG, 2D/MO/VIIV, 2D/MO/VIG;

3D/RK/VIIV võrreldes 2D/RK/VIG, 2D/PS/VIG, 2D/MO/VIIV, 2D/MO/VIG;

3D/PS/EI võrreldes 2D/RK/VIG, 2D/PS/VIG, 2D/MO/VIIV, 2D/MO/VIG;

3D/MO/EI võrreldes 2D/RK/VIG, 2D/PS/VIG, 2D/MO/VIIV, 2D/MO/VIG;

2D/PS/EI võrreldes 2D/RK/VIG, 2D/PS/VIG, 2D/MO/VIIV, 2D/MO/VIG;

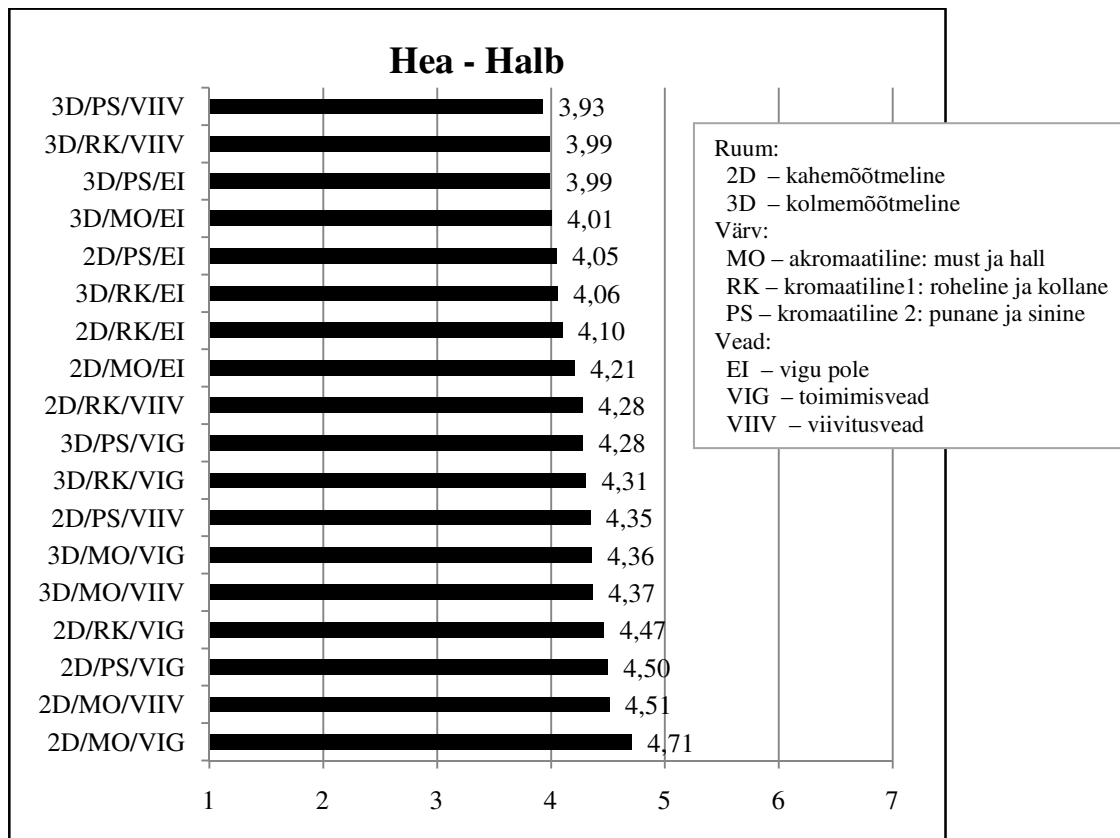
3D/RK/EI võrreldes 2D/PS/VIG, 2D/MO/VIIV, 2D/MO/VIG;

2D/RK/EI võrreldes 2D/MO/VIIV, 2D/MO/VIG;

2D/MO/EI võrreldes 2D/MO/VIG;

2D/RK/VIIV võrreldes 2D/MO/VIG;

3D/PS/VIG võrreldes 2D/MO/VIG.



Joonis 14. Hinnangute aritmeetilised keskmised skaalal hea-halb kõikidel veebirakenduse klippidel

Uurimusest ilmnes, et kõrgeid hinnanguid hea-halb skaalal said 3D ja vigadeta/viivitusvigadega (enamasti kromaatiliste värvide kombinatsioonidega) klippid võrreldes 2D toimimisvigadega klippidega.

Järelikult ilmnest uurimusest, et positiivsemaid hinnanguid kalduti andma skaalal hea-halb kolmedimensionaalsetele klipikombinatsioonidele, võrreldes kahemõõtmeliste klippidega. Värvihinnangute kohta selgeid tendentse uurimuse alusel välja tuua ei saa. Küll aga kalduti toimumisvigadega kombinatsioone hindama halvemaks, võrreldes ilma vigadeta klippidega.

Võrreldes kõikvõimalikke veebirakenduse klippide kombinatsioone omavahel hinnanguskaalal ilus-inetu, ilmnestid statistiliselt olulised erinevused (mõõdetuna t-statistikuga) järgmiste klippide vahel (Lisa 6, Joonis 15):

3D/RK/VIIV võrreldes 2D/RK/EI, 2D/RK/VIIV, 3D/MO/VIG, 2D/PS/EI, 3D/MO/EI, 3D/MO/VIIV, 2D/RK/VIG, 2D/PS/VIIV, 2D/PS/VIG, 2D/MO/EI, 2D/MO/VIIV, 2D/MO/VIG;

3D/RK/EI võrreldes 2D/RK/EI, 2D/RK/VIIV, 3D/MO/VIG, 2D/PS/EI, 3D/MO/EI, 3D/MO/VIIV, 2D/RK/VIG, 2D/PS/VIIV, 2D/PS/VIG, 2D/MO/EI, 2D/MO/VIIV, 2D/MO/VIG;

3D/PS/VIG võrreldes 2D/RK/EI, 2D/RK/VIIV, 3D/MO/VIG, 2D/PS/EI, 3D/MO/EI, 3D/MO/VIIV, 2D/RK/VIG, 2D/PS/VIIV, 2D/PS/VIG, 2D/MO/EI, 2D/MO/VIIV, 2D/MO/VIG;

3D/PS/VIIV võrreldes 2D/RK/EI, 2D/RK/VIIV, 3D/MO/VIG, 2D/PS/EI, 3D/MO/EI, 3D/MO/VIIV, 2D/RK/VIG, 2D/PS/VIIV, 2D/PS/VIG, 2D/MO/EI, 2D/MO/VIIV, 2D/MO/VIG;

3D/RK/VIG võrreldes 2D/RK/EI, 2D/RK/VIIV, 3D/MO/VIG, 2D/PS/EI, 3D/MO/EI, 3D/MO/VIIV, 2D/RK/VIG, 2D/PS/VIIV, 2D/PS/VIG, 2D/MO/EI, 2D/MO/VIIV, 2D/MO/VIG;

3D/PS/EI võrreldes 2D/RK/EI, 2D/RK/VIIV, 3D/MO/VIG, 2D/PS/EI, 3D/MO/EI, 3D/MO/VIIV, 2D/RK/VIG, 2D/PS/VIIV, 2D/PS/VIG, 2D/MO/EI, 2D/MO/VIIV, 2D/MO/VIG;

2D/RK/EI võrreldes 2D/MO/EI, 2D/MO/VIIV, 2D/MO/VIG;

2D/RK/VIIV võrreldes 2D/MO/EI, 2D/MO/VIIV, 2D/MO/VIG;

3D/MO/VIG võrreldes 2D/MO/EI, 2D/MO/VIIV, 2D/MO/VIG;

2D/PS/EI võrreldes 2D/MO/EI, 2D/MO/VIIV, 2D/MO/VIG;

3D/MO/EI võrreldes 2D/MO/EI, 2D/MO/VIIV, 2D/MO/VIG;

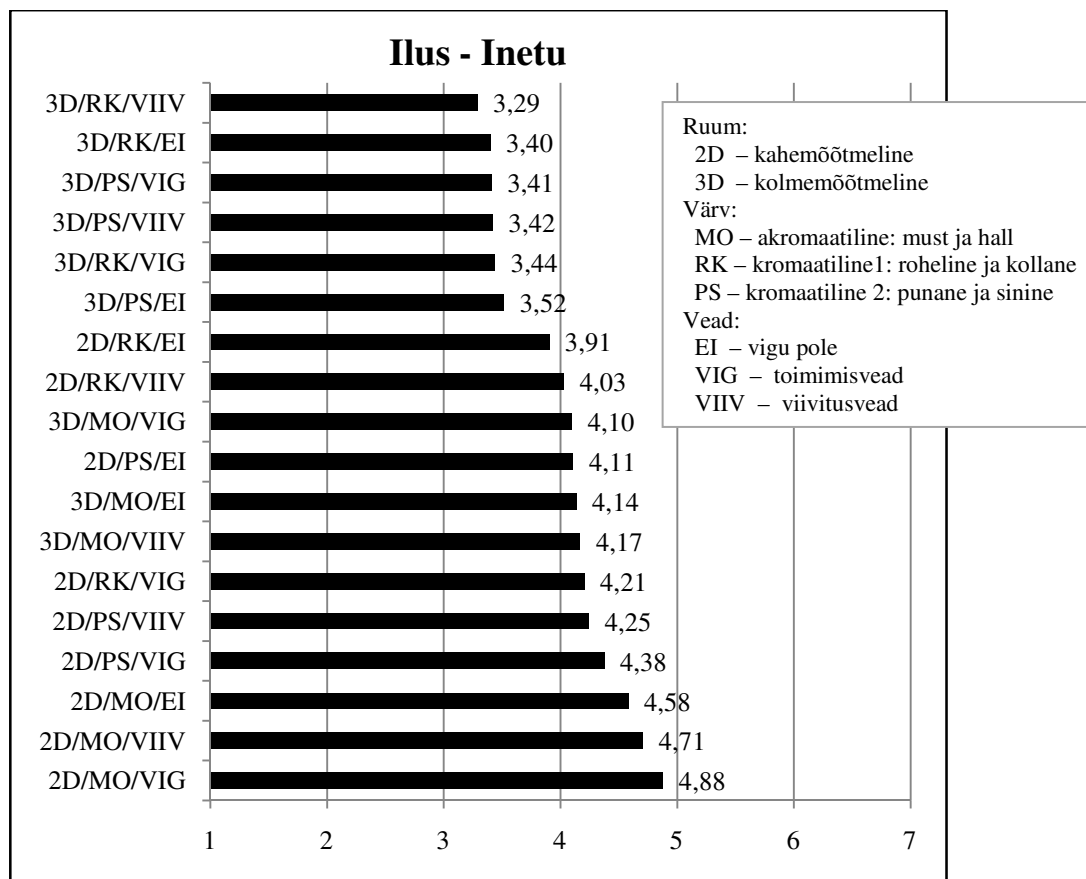
3D/MO/VIIV võrreldes 2D/MO/EI, 2D/MO/VIIV, 2D/MO/VIG;

2D/RK/VIG võrreldes 2D/MO/VIIV, 2D/MO/VIG;

2D/PS/VIIV võrreldes 2D/MO/VIIV, 2D/MO/VIG;

2D/PS/VIIV võrreldes 2D/MO/VIIV, 2D/MO/VIG;

2D/PS/VIG võrreldes 2D/MO/VIG.



Joonis 15. Hinnangute aritmeetilised keskmised skaalal ilus-inetu kõikidel veebirakenduse klippidel

Selgelt eralduvad kolm klippide gruppi: kuus ilusaimat, kolm inetumat ja ülejäänud. Kahemõõtmelisi ja akromaatilisi klipikombinatsioone kalduti hindama inetumaks, võrreldes kolmemõõtmelise kromaatilisega, mida hinnati ilusamaks, kuid oluline polnud milline kromaatiline värvikombinatsioon (sinine-punane, roheline-kollane) esines. Kusjuures ülejäänud keskmisi hinnanguid saanud klipid olid oluliselt erinevad nii ilusamaks kui inetumaks peetud klippide gruppidest. Kasutatavuse vigade kohta selgeid tendentse hinnanguskaalal ilus-inetu välja tuua ei saa.

Võrreldes kõikvõimalikke veebirakenduse klippide kombinatsioone omavahel hinnanguskaalal juhitudamatu-kontrollitav, ilmneseid statistiliselt olulised erinevused (mõõdetuna t-statistikuga) järgmiste klippide vahel (Lisa 7, Joonis 16):

2D/RK/VIG võrreldes 3D/RK/VIIV, 3D/PS/VIIV, 2D/MO/VIIV, 2D/PS/VIIV, 3D/MO/EI, 3D/PS/EI, 2D/RK/VIIV, 2D/RK/EI, 3D/RK/EI, 2D/PS/EI, 2D/MO/EI;

3D/RK/VIG võrreldes 3D/RK/VIIV, 3D/PS/VIIV, 2D/MO/VIIV, 2D/PS/VIIV, 3D/MO/EI, 3D/PS/EI, 2D/RK/VIIV, 2D/RK/EI, 3D/RK/EI, 2D/PS/EI, 2D/MO/EI;

3D/PS/VIG võrreldes 3D/PS/VIIV, 2D/MO/VIIV, 2D/PS/VIIV, 3D/MO/EI, 3D/PS/EI, 2D/RK/VIIV, 2D/RK/EI, 3D/RK/EI, 2D/PS/EI, 2D/MO/EI;

2D/MO/VIG võrreldes 2D/PS/VIIV, 3D/MO/EI, 3D/PS/EI, 2D/RK/VIIV, 2D/RK/EI, 3D/RK/EI, 2D/PS/EI, 2D/MO/EI;

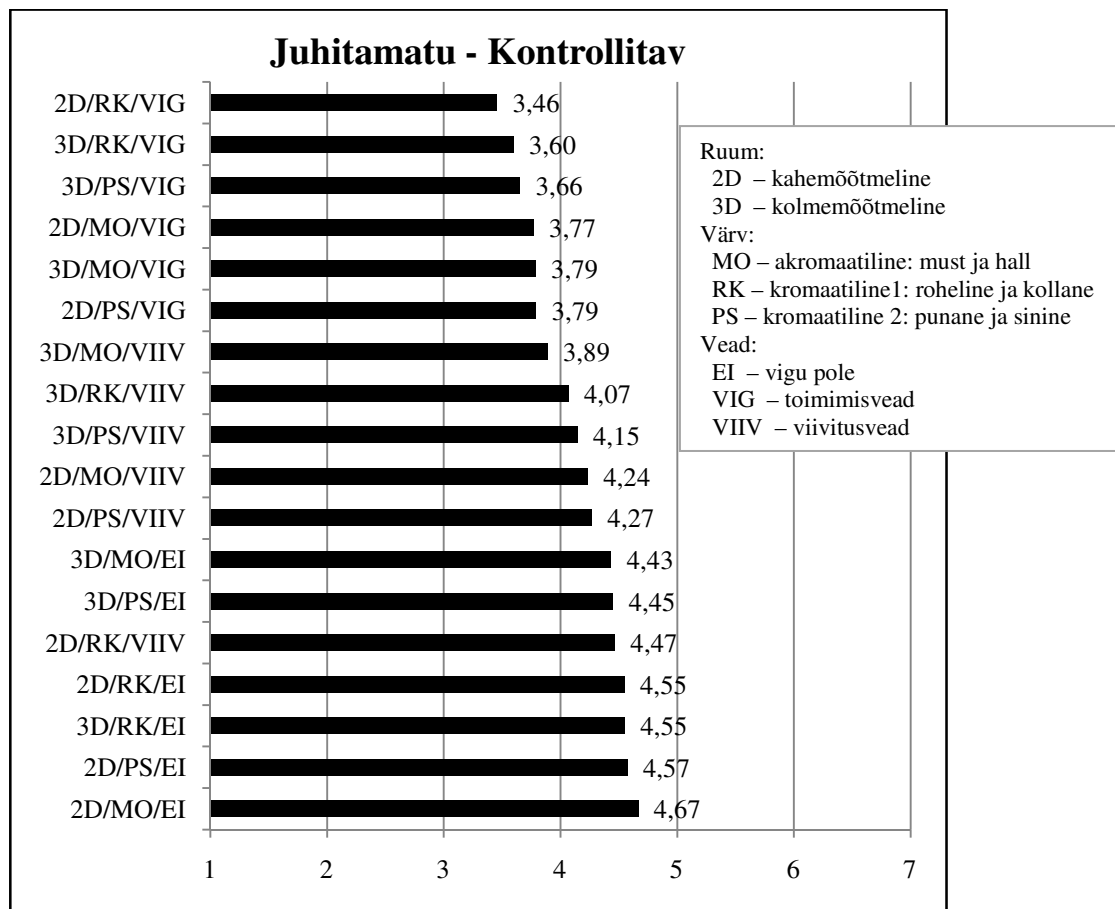
3D/MO/VIG võrreldes 3D/MO/EI, 3D/PS/EI, 2D/RK/VIIV, 2D/RK/EI, 3D/RK/EI, 2D/PS/EI, 2D/MO/EI;

2D/PS/VIG võrreldes 3D/MO/EI, 3D/PS/EI, 2D/RK/VIIV, 2D/RK/EI, 3D/RK/EI, 2D/PS/EI, 2D/MO/EI;

3D/MO/VIIV võrreldes 3D/MO/EI, 3D/PS/EI, 2D/RK/VIIV, 2D/RK/EI, 3D/RK/EI, 2D/PS/EI, 2D/MO/EI;

3D/RK/VIIV võrreldes 2D/RK/EI, 3D/RK/EI, 2D/PS/EI, 2D/MO/EI;

3D/PS/VIIV võrreldes 2D/MO/EI.



Joonis 16. Hinnangute aritmeetilised keskmised skaalal juhitamatu-kontrollitav kõikidel veebirakenduse klippidel

Eralduvad kolm kombinatsioonide gruppi vea tüübi järgi. Ilma vigadeta klippe peeti kontrollitavateks, toimimisvigadega juhitamatuks. Viivitusvigadega kombinatsioone kalduti pidama neutraalsemateks ehk neile anti pigem keskmisi hinnanguid. Hinnanguskaalal juhitamatu-kontrollitav eristusid mõlemad veatüübid. Värvide ja mõõtmelisuse kohta selgeid tendentse välja tuua ei saa.

Võrreldes kõikvõimalikke veebirakenduse klippide kombinatsioone omavahel hinnanguskaalal keerukas-lihtne, ilmnesid statistiliselt olulised erinevused (mõõdetuna t-statistikuga) järgmiste klippide vahel (Lisa 8, Joonis 17):

3D/MO/VIG võrreldes 3D/PS/VIIV, 3D/MO/EI, 3D/RK/EI, 3D/PS/EI, 2D/PS/VIIV, 2D/RK/VIIV, 2D/MO/EI, 2D/RK/EI, 2D/PS/EI;

3D/PS/VIG võrreldes 3D/MO/EI, 3D/RK/EI, 3D/PS/EI, 2D/PS/VIIV, 2D/RK/VIIV, 2D/MO/EI, 2D/RK/EI, 2D/PS/EI;

3D/RK/VIG võrreldes 3D/RK/EI, 3D/PS/EI, 2D/PS/VIIV, 2D/RK/VIIV, 2D/MO/EI, 2D/RK/EI, 2D/PS/EI;

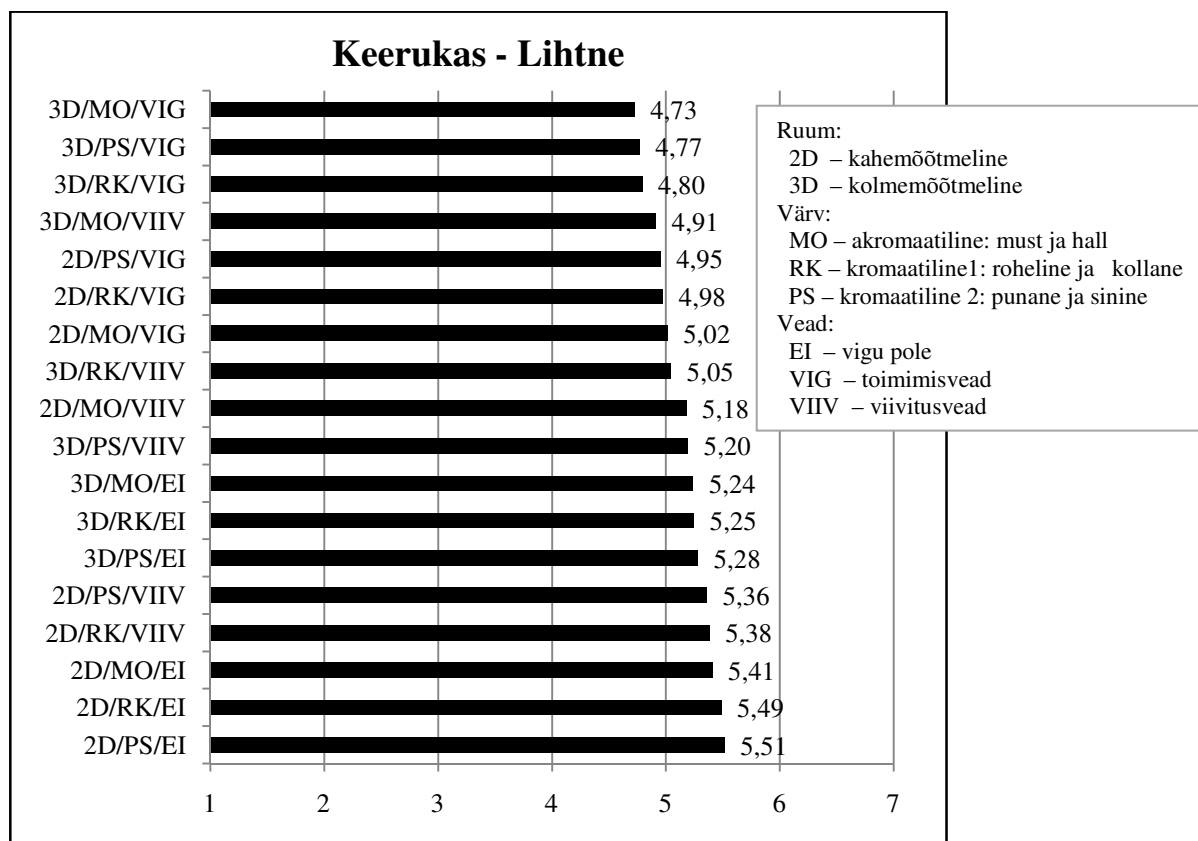
3D/MO/VIIV võrreldes 2D/RK/VIIV, 2D/MO/EI, 2D/RK/EI, 2D/PS/EI;

2D/PS/VIG võrreldes 2D/MO/EI, 2D/RK/EI, 2D/PS/EI;

2D/RK/VIG võrreldes 2D/RK/EI, 2D/PS/EI;

2D/MO/VIG võrreldes 2D/RK/EI, 2D/PS/EI;

3D/RK/VIIV võrreldes 2D/RK/EI, 2D/PS/EI.



Joonis 17. Hinnangute aritmeetilised keskmised skaalal keerukas-lihtne kõikidel veebirakenduse klippidel

Selgelt eralduvaid kombinatsioonide gruppe hinnangutega seoses välja tuua ei saa. Siiski paistab tendentsina erinevustest, et kolmemõõtmelisi ja toimimisvigadega kombinatsioone kalduti hindama keerukamateks ning kahemõõtmelisi vigadeta kombinatsioone kalduti pidama lihtsamateks.

Võrreldes kõikvõimalikke veebirakenduse klippide kombinatsioone omavahel hinnanguskaalal kohmakas-suunatav, ilmnesid statistiliselt olulised erinevused (mõõdetuna t-statistikuga) järgmiste klippide vahel (Lisa 9, Joonis 18):

3D/RK/VIG võrreldes 3D/MO/VIIV, 3D/PS/VIIV, 2D/PS/VIIV, 3D/RK/VIIV, 2D/MO/VIIV, 3D/PS/EI, 2D/RK/VIIV, 3D/RK/EI, 2D/PS/EI, 2D/RK/EI, 3D/MO/EI, 2D/MO/EI;

3D/PS/VIG võrreldes 3D/RK/VIIV, 2D/MO/VIIV, 3D/PS/EI, 2D/RK/VIIV, 3D/RK/EI, 2D/PS/EI, 2D/RK/EI, 3D/MO/EI, 2D/MO/EI;

2D/MO/VIG võrreldes 2D/MO/VIIV, 3D/PS/EI, 2D/RK/VIIV, 3D/RK/EI, 2D/PS/EI, 2D/RK/EI, 3D/MO/EI, 2D/MO/EI;

3D/MO/VIG võrreldes 3D/PS/EI, 2D/RK/VIIV, 3D/RK/EI, 2D/PS/EI, 2D/RK/EI, 3D/MO/EI, 2D/MO/EI;

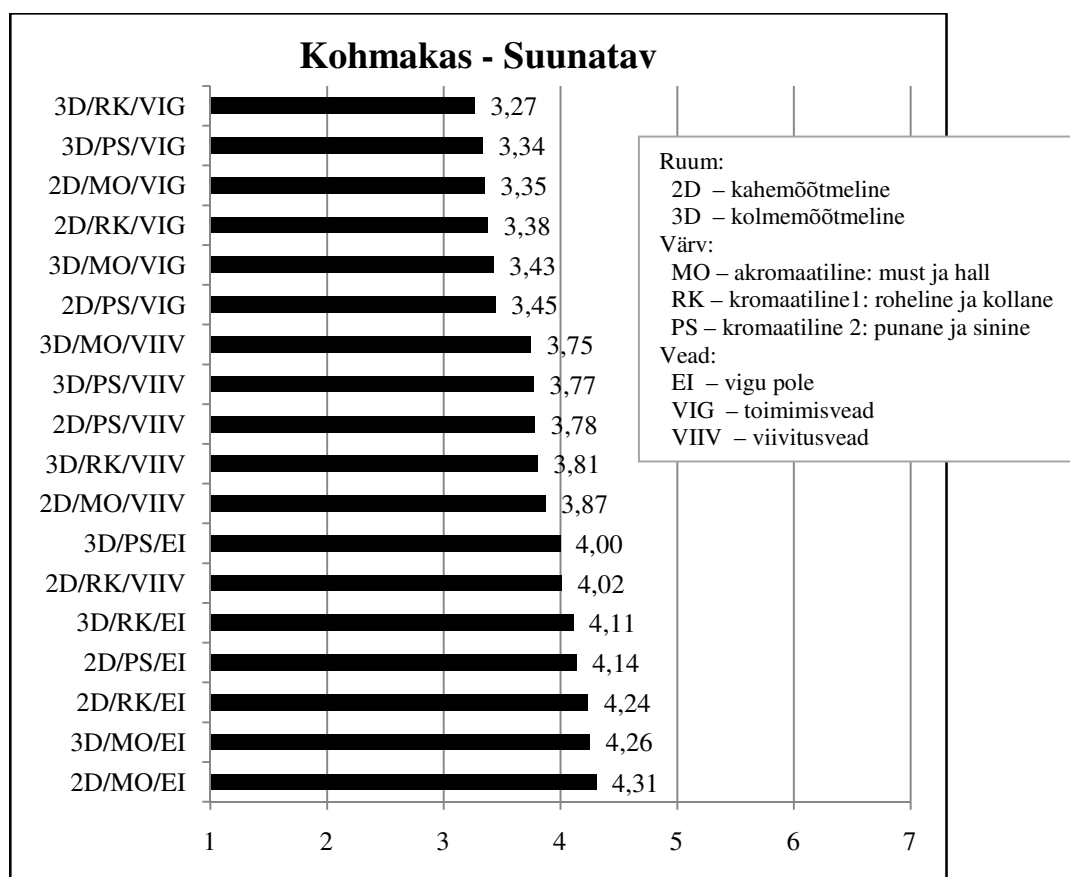
2D/PS/VIG võrreldes 3D/PS/EI, 2D/RK/VIIV, 3D/RK/EI, 2D/PS/EI, 2D/RK/EI, 3D/MO/EI, 2D/MO/EI;

3D/MO/VIIV võrreldes 2D/RK/EI, 3D/MO/EI, 2D/MO/EI;

3D/PS/VIIV võrreldes 2D/RK/EI, 3D/MO/EI, 2D/MO/EI;

2D/PS/VIIV võrreldes 2D/MO/EI;

3D/RK/VIIV võrreldes 2D/MO/EI.



Joonis 18. Hinnangute aritmeetilised keskmised skaalal kohmakas-suunatav kõikidel veebirakenduse klippidel

Selgelt eraldusid kolm klippide gruppi veatüüpide järgi. Ilma vigadeta klipid hinnati suunatavateks ja toimimisvigadega kohmakateks. Viivitusvigadega klippidele kalduti andma keskmisi hinnanguid. Hinnanguskaalal kohmakas-suunatav kahe ülejäänud muutuja (mõõde ja värv) kohta selgelt ilmnenu järeldusi teha ei saa.

Võrreldes kõikvõimalikke veebirakenduse klippide kombinatsioone omavahel hinnanguskaalal mitteennustatav-etteennustatav, ilmneseid statistiliselt olulised erinevused (mõõdetuna t-statistikuga) järgmiste klippide vahel (Lisa 10, Joonis 19):

2D/RK/VIG võrreldes 2D/MO/EI, 3D/PS/EI, 3D/RK/EI, 2D/RK/VIIV, 2D/PS/EI;

2D/MO/VIG võrreldes 2D/MO/EI, 3D/PS/EI, 3D/RK/EI, 2D/RK/VIIV, 2D/PS/EI;

3D/PS/VIG võrreldes 2D/RK/VIIV, 2D/PS/EI;

3D/MO/VIG võrreldes 2D/RK/VIIV, 2D/PS/EI;

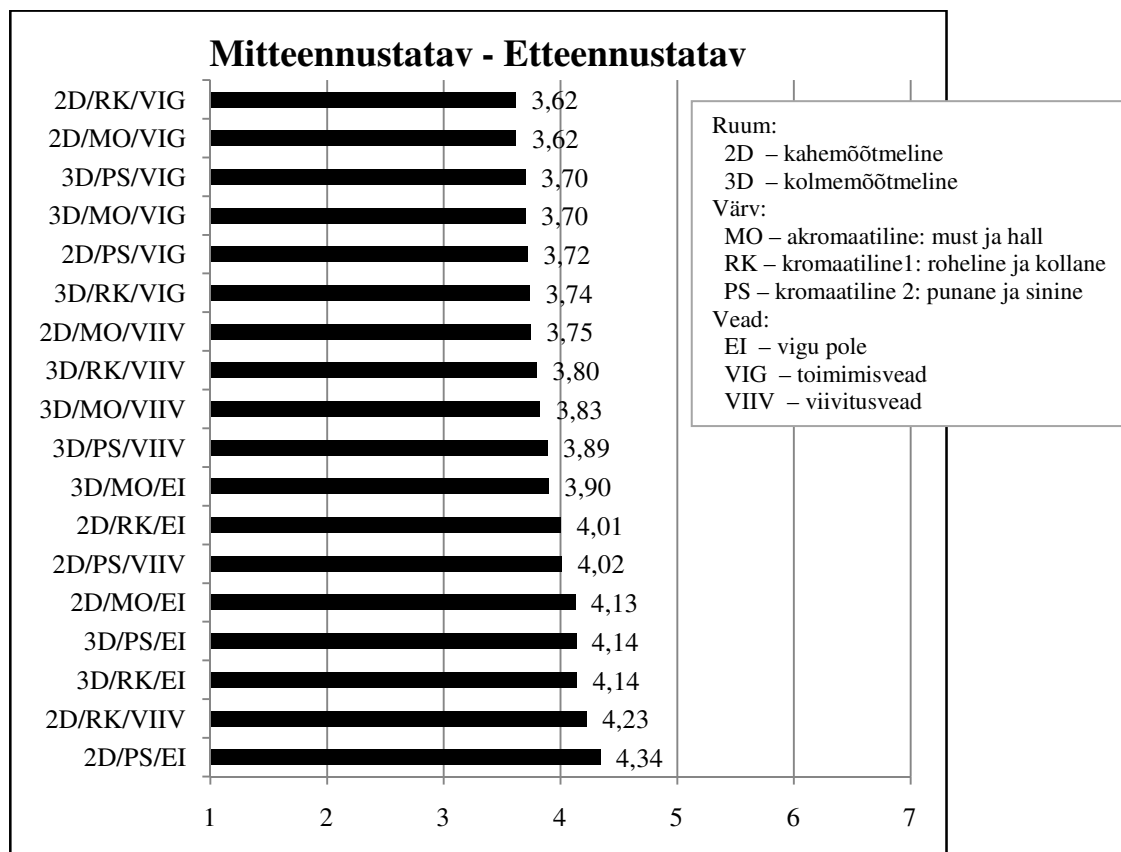
2D/PS/VIG võrreldes 2D/PS/EI;

3D/RK/VIG võrreldes 2D/PS/EI;

2D/MO/VIIV võrreldes 2D/PS/EI;

3D/RK/VIIV võrreldes 2D/PS/EI;

3D/MO/VIIV võrreldes 2D/PS/EI.



Joonis 19. Hinnangute aritmeetilised keskmised skaalal mitteennustatav - etteennustatav kõikidel veebirakenduse klippidel

Selgeid klipikombinatsioonide gruppe ei moodustunud, kuid tendentsina saab välja tuua, et mõlemat tüüpi vigadega klippe kalduti hindama mitteennustavateks ja ilma vigadeta kombinatsioone etteennustavateks. Värvuste ja mõõtmete kohta selgeid tendentse välja tuua ei saa. Küll aga võib välja tuua ühe klipikombinatsiooni, mida hinnati kõige etteennustatavamaks – kahemõõtmelist, punane-sinine ja ilma vigadeta, mis on saanud oluliselt erineva hinnangu võrreldes teiste klippidega.

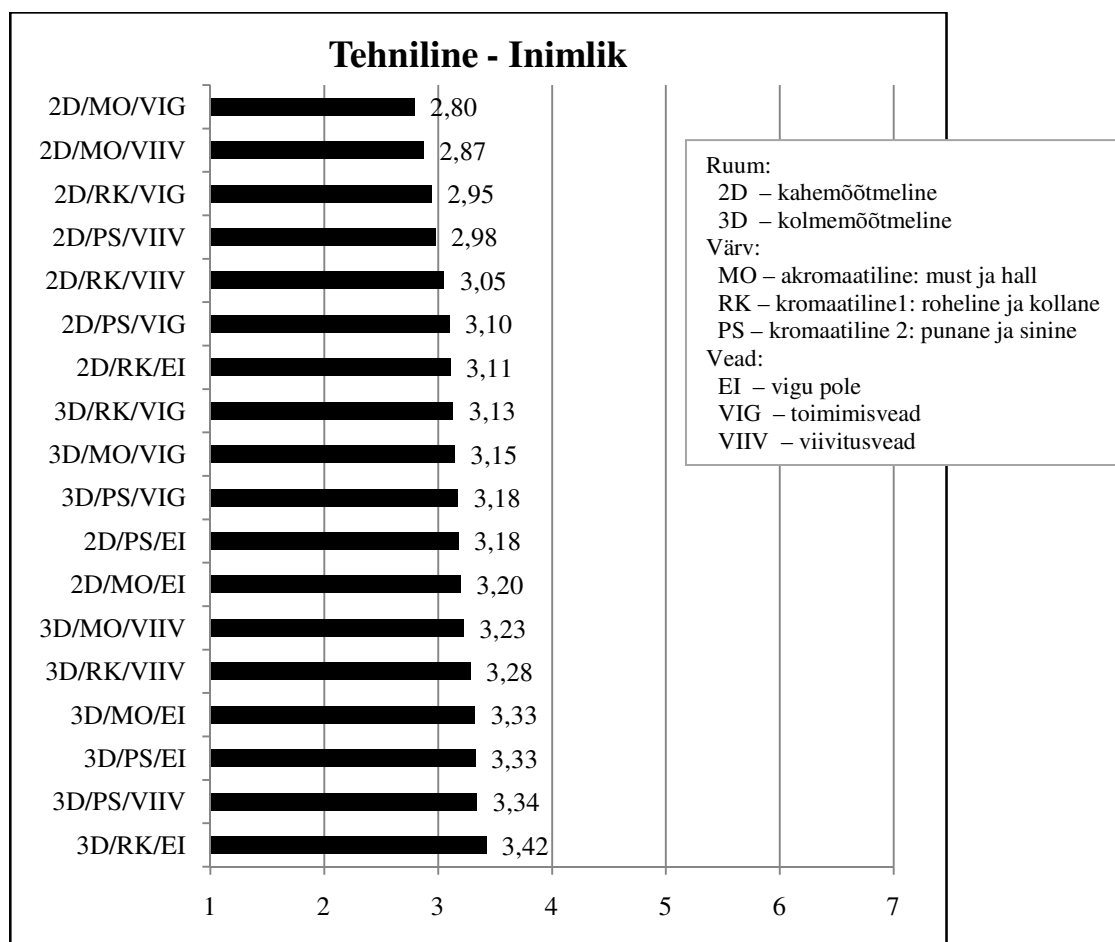
Võrreldes kõikvõimalikke veebirakenduse klippide kombinatsioone omavahel hinnanguskaalal tehniline-inimlik, ilmsid statistiliselt olulised erinevused (mõõdetuna t-statistikuga) järgmiste klippide vahel (Lisa 11, Joonis 20):

2D/MO/VIG võrreldes 3D/MO/VIIV, 3D/RK/VIIV, 3D/MO/EI, 3D/PS/EI, 3D/PS/VIIV, 3D/RK/EI;

2D/MO/VIIV võrreldes 3D/MO/EI, 3D/PS/EI, 3D/PS/VIIV, 3D/RK/EI;

2D/RK/VIG võrreldes 3D/RK/EI;

2D/PS/VIIV võrreldes 3D/RK/EI.



Joonis 20. Hinnangute aritmeetilised keskmised skaalal tehniline-inimlik kõikidel veebirakenduse klippidel

Selgeid klippide gruppe ei eraldunud. Siiski saab välja tuua kolm tendentsi: kahemõõtmelisi kombinatsioone hinnati tehnilisemateks ja kolmemõõtmelisi inimlikemaks; kromaatilisi värvikombinatsioone peeti inimlikemaks ja akromaatilisi tehnilisemaks; ilma vigadeta kombinatsioone peeti inimlikemaks ja mõlemat tüüpi vigadega kombinatsioone tehnilisemaks.

Võrreldes kõikvõimalikke veebirakenduse klippide kombinatsioone omavahel, ilmnemise kasutatavuse üldskaalal statistiliselt olulised erinevused (mõõdetuna t-statistikuga) järgmiste klippide vahel (Lisa 12, Joonis 21):

3D/RK/EI võrreldes 3D/RK/VIIV, 3D/MO/VIIV, 2D/PS/VIIV, 3D/PS/VIG, 3D/RK/VIG, 3D/MO/VIG, 2D/PS/VIG, 2D/MO/VIIV, 2D/RK/VIG, 2D/MO/VIG;

2D/PS/EI võrreldes 3D/RK/VIIV, 3D/MO/VIIV, 2D/PS/VIIV, 3D/PS/VIG, 3D/RK/VIG, 3D/MO/VIG, 2D/PS/VIG, 2D/MO/VIIV, 2D/RK/VIG, 2D/MO/VIG;

3D/PS/EI võrreldes 3D/RK/VIIV, 3D/MO/VIIV, 2D/PS/VIIV, 3D/PS/VIG, 3D/RK/VIG, 3D/MO/VIG, 2D/PS/VIG, 2D/MO/VIIV, 2D/RK/VIG, 2D/MO/VIG;

2D/MO/EI võrreldes 3D/RK/VIIV, 3D/MO/VIIV, 2D/PS/VIIV, 3D/PS/VIG, 3D/RK/VIG, 3D/MO/VIG, 2D/PS/VIG, 2D/MO/VIIV, 2D/RK/VIG, 2D/MO/VIG;

2D/RK/VIIV võrreldes 3D/MO/VIIV, 2D/PS/VIIV, 3D/PS/VIG, 3D/RK/VIG, 3D/MO/VIG, 2D/PS/VIG, 2D/MO/VIIV, 2D/RK/VIG, 2D/MO/VIG;

3D/PS/VIIV võrreldes 3D/PS/VIG, 3D/RK/VIG, 3D/MO/VIG, 2D/PS/VIG, 2D/MO/VIIV, 2D/RK/VIG, 2D/MO/VIG;

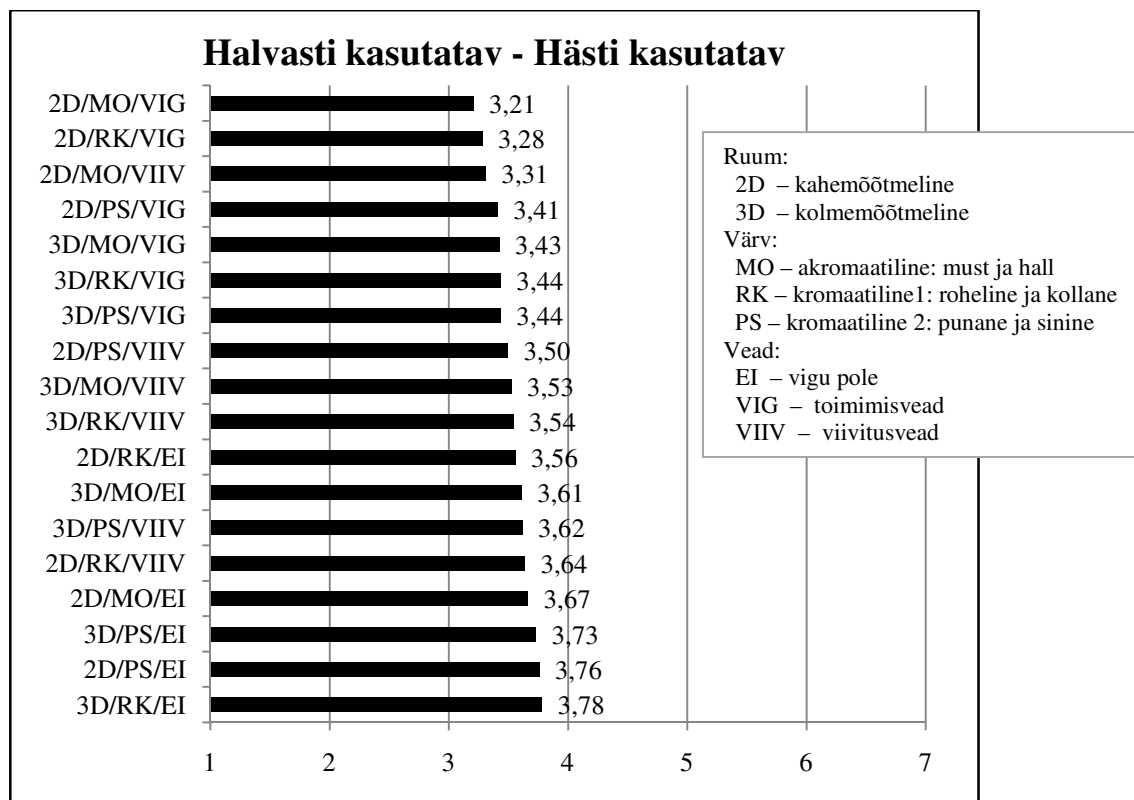
3D/MO/EI võrreldes 3D/PS/VIG, 3D/RK/VIG, 3D/MO/VIG, 2D/PS/VIG, 2D/MO/VIIV, 2D/RK/VIG, 2D/MO/VIG;

2D/RK/EI võrreldes 3D/PS/VIG, 3D/RK/VIG, 3D/MO/VIG, 2D/PS/VIG, 2D/MO/VIIV, 2D/RK/VIG, 2D/MO/VIG;

3D/RK/VIIV võrreldes 3D/PS/VIG, 3D/RK/VIG, 3D/MO/VIG, 2D/PS/VIG, 2D/MO/VIIV, 2D/RK/VIG, 2D/MO/VIG;

3D/MO/VIIV võrreldes 3D/RK/VIG, 3D/MO/VIG, 2D/PS/VIG, 2D/MO/VIIV, 2D/RK/VIG, 2D/MO/VIG;

2D/PS/VIIV võrreldes 3D/RK/VIG, 3D/MO/VIG, 2D/PS/VIG, 2D/MO/VIIV, 2D/RK/VIG, 2D/MO/VIG.



Joonis 21. Hinnangute aritmeetilised keskmised kasutatavuse üldskaalal kõikidel veebirakenduse klippidel

Eristuvad kolm klippide gruppi: seitse halvasti kasutatavat, kaheksa hästi kasutatavat ja ülejäänud - eksperimendi muutujate väärtuste järgi saab klipid üldiselt jaotada vigade esinemise järgi. Tendentsina saab välja tuua, et ilma vigadeta kombinatsioone peeti hästi kasutatavateks ja mõlemat tüüpi vigadega halvasti kasutatavateks. Siiski ilmnes tendentsiga seoses kaks erandit, et kahte viivitusvigadega kombinatsiooni 2D/RK/VIIV ja 3D/PS/VIIV hinnati siiski suhteliselt hästi kasutatavateks.

Võrreldes kõikvõimalikke hinnanguskaalade kombinatsioone omavahel, ilmnesid esteetilisuse üldskaalal statistiliselt olulised erinevused (mõõdetuna t-statistikuga) järgmiste hinnanguskaalade vahel (Lisa 13, Joonis 22):

2D/MO/VIG võrreldes 2D/PS/VIG, 2D/MO/EI, 2D/RK/VIG, 2D/PS/VIIV, 3D/MO/VIIV, 3D/MO/VIG, 2D/RK/VIIV, 2D/PS/EI, 3D/MO/EI, 2D/RK/EI, 3D/RK/VIG, 3D/PS/VIG, 3D/PS/EI, 3D/RK/EI, 3D/PS/VIIV, 3D/RK/VIIV;

2D/MO/VIIV võrreldes 2D/RK/VIG, 2D/PS/VIIV, 3D/MO/VIIV, 3D/MO/VIG, 2D/RK/VIIV, 2D/PS/EI, 3D/MO/EI, 2D/RK/EI, 3D/RK/VIG, 3D/PS/VIG, 3D/PS/EI, 3D/RK/EI, 3D/PS/VIIV, 3D/RK/VIIV;

2D/PS/VIG võrreldes 2D/PS/EI, 3D/MO/EI, 2D/RK/EI, 3D/RK/VIG, 3D/PS/VIG, 3D/PS/EI, 3D/RK/EI, 3D/PS/VIIV, 3D/RK/VIIV;

2D/MO/EI võrreldes 2D/PS/EI, 3D/MO/EI, 2D/RK/EI, 3D/RK/VIG, 3D/PS/VIG, 3D/PS/EI, 3D/RK/EI, 3D/PS/VIIV, 3D/RK/VIIV;

2D/RK/VIG võrreldes 2D/RK/EI, 3D/RK/VIG, 3D/PS/VIG, 3D/PS/EI, 3D/RK/EI, 3D/PS/VIIV, 3D/RK/VIIV;

2D/PS/VIIV võrreldes 2D/RK/EI, 3D/RK/VIG, 3D/PS/VIG, 3D/PS/EI, 3D/RK/EI, 3D/PS/VIIV, 3D/RK/VIIV;

3D/MO/VIIV võrreldes 3D/RK/VIG, 3D/PS/VIG, 3D/PS/EI, 3D/RK/EI, 3D/PS/VIIV, 3D/RK/VIIV;

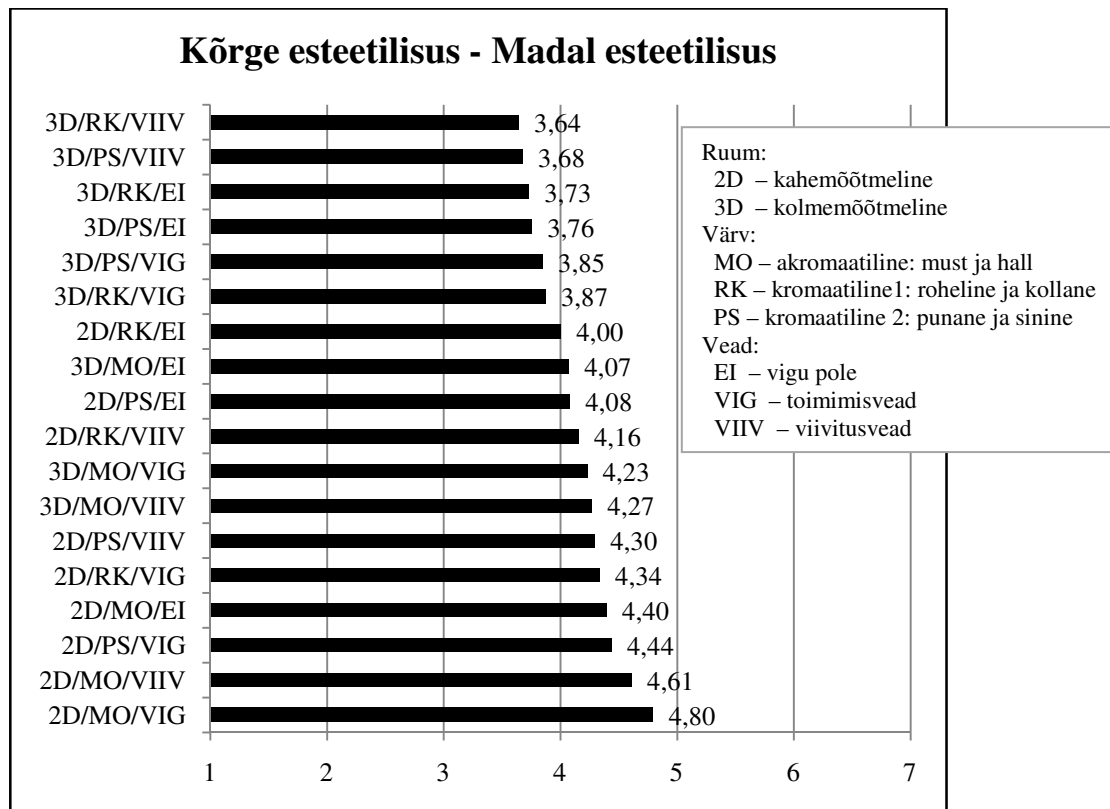
3D/MO/VIG võrreldes 3D/RK/VIG, 3D/PS/VIG, 3D/PS/EI, 3D/RK/EI, 3D/PS/VIIV, 3D/RK/VIIV;

2D/RK/VIIV võrreldes 3D/PS/VIG, 3D/PS/EI, 3D/RK/EI, 3D/PS/VIIV, 3D/RK/VIIV;

2D/PS/EI võrreldes 3D/PS/EI, 3D/RK/EI, 3D/PS/VIIV, 3D/RK/VIIV;

3D/MO/EI võrreldes 3D/PS/EI, 3D/RK/EI, 3D/PS/VIIV, 3D/RK/VIIV;

2D/RK/EI võrreldes 3D/PS/VIIV, 3D/RK/VIIV.



Joonis 22. Hinnangute aritmeetilised keskmised esteetilisuse üldskaalal kõikidel veebirakenduse klippidel

Hinnangutes eristub kolm veebirakenduse klippide kombinatsioonide gruppi: kaks madalama esteetilisusega, kuus kõrgema ja ülejäänud. Kahemõõtmelisi ja akromaatilisi kombinatsioone kalduti hindama üldiselt esteetilisuselt madalaks ning kolmemõõtmelisi ja kromaatilisi kombinatsioone hinnati esteetilisuselt kõrgemaks. Vigadega seonduvate muutujate kohta selgeid tendentse välja tuua ei saa.

3. Arutelu

Käesoleva uurimuse eesmärgiks oli uurida hinnanguid veebirakenduse kasutatavusele ja esteetilisusele, kombineerides erinevaid kasutatavust ja esteetilisust mõjutavaid muutujaid. Kasutatavusega seoses muudeti arendatud veebirakenduse klippides vigade olemasolu (vigade puudumine, viivitusvead, toimimisvead) ning esteetilisusega seoses värvikombinatsioonid (kolm kombinatsiooni) ja mõõdet (2D ja 3D). Muutujate kombineerimisel tekkisid 18 erinevat kombinatsiooni mänguklippidest eksperimendi jaoks koostatud veebirakenduses. Hinnanguid uuriti semantilise diferentsiaali uurimismeetodiga seitsmel kasutatavust puudutaval skaalal ja kahel esteetilisust puudutaval skaalal (hea-halb, ilus-inetu), kusjuures viimased moodustasid esteetilisuse üldskaala.

Osaliselt leidis kinnitust esimene hüpotees, et akromaatilisi värvikombinatsioonid hinnatakse esteetilisust puudutaval hinnanguskaaladel madalamaks võrreldes kromaatiliste värvikombinatsioonidega. Nimelt ilmnes, et esteetilisuse üldskaalal olid antud hinnangud kooskõlas hüpoteesiga, kuid kõik hinnangud erinevate skaalade lõikes polnud statistiliselt oluliselt erinevad. Esteetilisuse skaalade eraldi uurimine näitas, et ilu skaalal (ilus-inetu) saab seda väidet statistiliselt oluliste erinevustega kinnitada, headuse (hea-halb) skaalal aga isegi tendentside tasemel mitte. Antud uurimuse tulemusi kinnitavad üldiselt eelnevad uuringud – näiteks Syarief & Hibino (2007) ja Hall & Hanna (2004) uurimuses on leitud, et kromaatiliste värvide kasutamine arvutisüsteemides mõjutab üldist hinnangut esteetilisusele kõrgemaks kui akromaatiliste värvide puhul. Esimese hüpoteesi osaline kinnitus sellisel kujul võib viidata ilu skaala suuremale osakaalule esteetilisuse hinnangute andmisel.

Käesoleva uurimuse jaoks arendatud veebirakenduses moodustati kolm värvipaari: hall-must, punane-sinine ja kollane-roheline üldise valge fooni taustal. Tulemustele toetudes saab välja tuua, et esteetilisuse üldskaalal avaldusid tendentsid, mille kohaselt akromaatiliste värvidega veebirakenduse klippe hinnati esteetilisuselt madalamaks kui kummagi kahe kromaatilise värvikombinatsiooniga klippe. Kromaatilistele värvikombinatsioonidele antud hinnangute vahel aga ei saanud välja tuua statistiliselt olulisi erinevusi. Syarief & Hibino (2007) uurimuses kalduti kromaatilistest värvikombinatsioonidest kõrgemaid üldisi hinnangud omistama punasele ja sinisele värvusele ning madalamaid kollasele ja rohelisele. Antud uurimuses ei leidnud kinnitust hüpotees, et kahele kromaatilisele värvikombinatsioonile antakse erinevaid hinnanguid nii, et punane-sinine värvikombinatsiooni hinnatakse esteetilisust puudutaval hinnanguskaaladel (hea-halb, ilus-inetu) kõrgemaks võrreldes roheline-kollane hinnanguskaaladega. Järelikult esteetiliselt eelistatumad värvikombinatsioonid olid antud töös kromaatilised, olenemata nende värvusest, võrreldes akromaatiliste värvustega. Syarief & Hibino (2007) uurimuses leiti ka, et igale uuritud kromaatilisele värvusele antud hinnangud on varieeruvad semantilise diferentsiaal erinevate skaalade lõikes ning olenevad muudest muutujatest peale kromaatilise värvitooni. Teisest

küljest võib antud uurimuses leitud tulemusi seletada sellega, et teiste muutujate mõju oli tulemustes niivõrd tugev, et selle tõttu ei avaldunud eelistused erinevatele kromaatilistele värvikombinatsioonidele.

Uurimuses püstitatud kolmas hüpotees leidis kinnitust ilus-inetu hinnanguskaalal. Nimelt kolmemõõtmelisi veebirakenduse kombinatsioone hinnati esteetilisust puudutataval hinnanguskaalal (ilus-inetu) kõrgemalt võrreldes kahemõõtmelisega. Esteetilisuse üldskaalat analüüsid ilmselgust, et kolmemõõtmelisi klipikombinatsioone hinnati esteetilisuselt kõrgemalt võrreldes kahemõõtmelistelega. Sama trendi kajastas ka headuse skaala ning kinnitas ilu skaala, kus 2D akromaatilised kombinatsioonid olid statistiliselt oluliselt erinevalt madalamalt hinnatud kui 3D kromaatilised. Samalaadseid tulemusi, kus 3D kasutajaliidest eelistatakse esteetilisust silmas pidades 2Dle on saadud ka teistes uurimustes (Sebrechts et al., 1999; Zayd, 2003). Sellist järeldust seletatakse näiteks lennunduses eelistatavate kolmemõõtmeliste displeide kohta, et kolmemõõtmeline visuaalne kuvand on naturaalne, paremini vastav maailmale, kus me elame ja vajab vähem mentaalset pingutust kui kahemõõtmeline (Wickens, Todd & Seidler, 1989). Siiski tuleb mainida, et kirjandusest kõlab läbi ühine põhimõte: kahe- ja kolmemõõtmelise kasutajaliidese eelistamine sõltub paljuski kontekstist, eesmärgist ja kasutajast.

Antud uurimuse veebirakenduses toodi sisse teadlikult programmeeritud vigu, et muuta programmi kasutatavust. Vaatleme, kas need avalduvad katseisikute hinnangutes kasutatavusele antud uurimuse eksperimendi tingimustes. Analüüsid kasutatavuse üldskaalalt (kõikide kasutatavust puudutavate skaalade keskmine), saab tendentsina välja tuua, et üldiselt hinnati ilma vigadeta klipikombinatsioone hästi kasutatavateks, võrreldes mõlemat tüüpi vigadega kombinatsioonidega. Siiski pole üldskaalal statistiliselt olulisest erinevustest lähtuvalt antud väide täielikult tõestatud, kuna kahte viivitusvigadega kombinatsiooni hinnati võrdlemisi hästi kasutatavaks. Tuleb vaadelda vigade tüüpe eraldi seitsmel kasutatavust puudutataval skaalal. Uurimistulemused näitasid, et kõigi kasutatavust puudutavate skaalade puhul hinnati toimimisvigadega klippe kas statistiliselt oluliselt erinevalt või tendentsina halvemini kasutatavateks kui ilma vigadeta klippe. Viivitusvigade kohta ilmselgust vaid tendentsid järgmistel skaaladel: juhitamatu-kontrollitav, kohmakasuunatav, mitteennustatav-etteennustatav ja tehniline-inimlik. Võib järeldada, et üldised hinnangud kasutatavusele olid positiivsemad ilma vigadeta klipikombinatsioonides võrreldes vigadega klippidega (eriti toimimisvigade puhul). Seega uurimuse neljas hüpotees leidis üldjoontes kinnitust, et hinnangud kasutatavusele on positiivsemad neis klippides kus pole sisseprogrammeeritud vigu. Lisaks ilmselgust, et eksperimendis mõjutasid mittetoimimise vead kasutajate hinnangut kasutatavusele rohkem kui viivitusvead, mis võib olla tingitud sellest, et kasutajate jaoks olid toimimisvead märgatavamad kui viivitusvead.

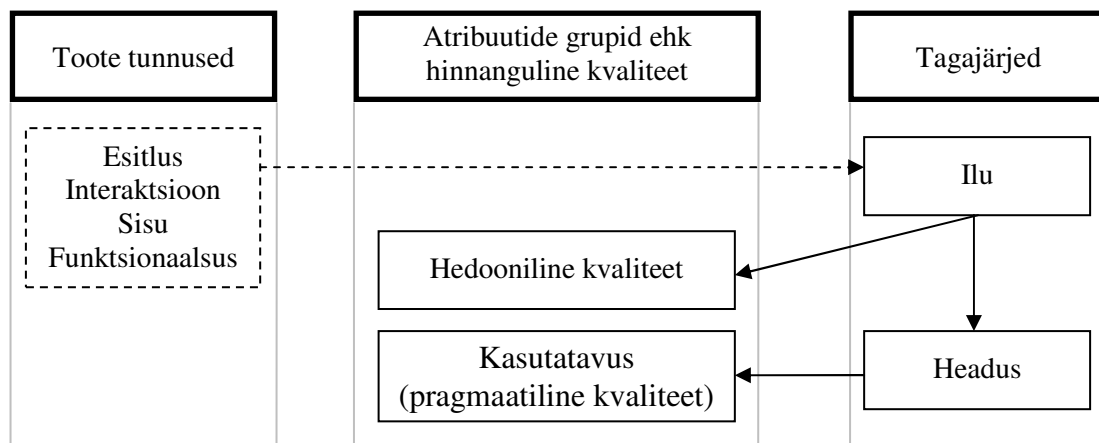
Vaadeldes hinnanguid kõikidele veebirakenduse klippidele selgus, et üldiselt peeti kõiki klippe tehnilisteks, ebapraktilisteks ja lihtsateks. Teistele hinnanguskaaladele antud vastuste keskmised platseerused hinnanguskaalade keskele. Uurimusest ilmnis seega, et üldised hinnangud veebirakenduse klippidele olid pigem seotud kasutatavuse (ebapraktiline, tehniline, lihtne) kui esteetilisusega. Sellised tulemused võivad iseloomustada tingimusi, mis eksperimendiks loodi – ebapraktilisus vigade tõttu ning lihtne ja tehniline veebirakendus.

Lisaks eespool toodud uurimistulemustele vaatleme, millised muutujad peale vigade mõjutasid katseisikute hinnanguid kasutatavusele. Vigade esinemine mõjutas oluliselt neljale kasutatavust puudutavale skaalale (ebamäärane-selge, juhitamatu-kontrollitav, kohmakasuunatav, mitteennustatav-etteennustatav) antud hinnangud. Kolmel skaalal (ebapraktiline-praktiline, keerukas-lihtne, tehniline-inimlik) saab lisaks vigade olemasolule või puudumisele veel tendentsina välja tuua hinnangute erinevused seoses ruumilise mõõtmega – kahemõõtmelisi klippe peeti halvemini kasutatavateks ja kolmemõõtmelisi paremini kasutatavateks. Veel saab skaalal tehniline-inimlik välja tuua tendentsi, kus akromaatilisi kombinatsioone hinnati tehnilisemaks kui kromaatilisi, mida peeti inimlikemaks. Vaadeldes esteetilisust puudutavaid hinnanguskaalaid, ilmnis, et ilu skaalal (ilus-inetu) on erinevused seotud esteetiliste muutujatega (mõõde, värv). Headuse skaalal aga saab lisaks ruumile välja tuua trendina erinevused hinnangutes klippidele, mis erinesid vigade ilmnemise poolest – ilma vigadeta klippe hinnati headeks võrreldes toimimisvigadega klippidega, mida hinnati halvemateks. Siit järelduvalt võiks spekuloida, kuidas hinnangud esteetilisusele võivad olla seotud hinnangutega veebirakenduse kasutatavusele.

Hassenzahl & Monk (2010) on koostanud 15 kasutatavust ja esteetilisust hõlmavast uurimustest kokkuvõtva ülevaate ja käsitlenud erinevaid teoreetilisi mudeleid, seletamaks kasutaja hinnangu kujunemist toote kohta. Hassenzahl (2003) põhjusliku mudeli kasutaja hinnangu kujunemisest toote kohta (Joonis 6) kõrvale tuuakse uurimustulemustele toetudes järelduslik mudel (Joonis 23). Viimase järgi tõdetakse esmalt, et kui kasutaja peab hindama toodet, siis kasutab ta kogu olemasolevat informatsiooni ja järeldab enda jaoks puuduoleva. Ilu võetakse järeldamise juures alguspunktiks, kuna hinnang sellele on kohe olemas, isegi toodet kasutamata. Tuuakse sisse nn hinnanguline järjekindlus, mille kohaselt kasutaja hindab toote ilu alusel selle headust ning omakorda headuse alusel selle kasutatavust. Seega väite „ilus on kasutatav” asemele pakutakse väidet „ilus on hea ja hea on kasutatav”. Rõhutatakse, et selline mudel omab suuremat mõju kasutajale siis, kui kasutaja ei saa toodet pikaajaliselt kasutada.

Üldine idee, mida Hassenzahl & Monk (2010) järelduslik mudel käsitleb, on see, et kasutatavuse ja ilu hinnangute vaheline seos on kaudne. Käesolevas uurimuses leiti, et ilu skaalal on hinnangud statistiliselt oluliselt erinevad vaid esteetilisust puudutavate muutujatega seoses – ruum (2D, 3D) ja värvus (kromaatilised ja akromaatilised). Hinnanguid headuse

skaalal mõjutasid lisaks esteetilisuse muutujatele (ruum) ka muutujad seoses kasutatavusega – vigade ilmumine või nende mitteilmumine. Teiselt poolt ilmnes, et vigade esinemine mõjutas hinnanguid (vähemalt tendentsina) kõikidel kasutatavust käsitlevatel hinnanguskaaladel. Sellised uurimustulemused võivad kujundlikult peegeldada Hassenzahl & Monk (2010) järelaluslikku mudeli skeemi, mille puhul kasutatavuse ja ilu hinnangute vahelised seosed on kaudsed, olles vahendatud headuse kui hinnangu poolt.



Joonis 23. Järelduslik mudel kasutaja hinnangu kujunemisest toote kohta (Allikas: Hassenzahl & Monk, 2010, lk 238)

Arutelu lõpuks vaatleme veebirakenduse klippide esitlemise ajalist järjekorda ja kuidas see võib mõjutada hinnanguid kasutatavusele ja esteetilisusele. Uurimistulemustest leiti, et veebirakenduse mänguklippe hakati hindamissessiooni lõpus hindama keerukamateks, suunatavamateks ja etteennustatavamateks kui sessiooni alguses. Hassenzahl & Monk (2010) uurimuses on väidetud, et kui kasutajal pole mõistlikul määral aega toodet kasutada (eriti just siis kui toodet vaid presenteeritakse ilma võimaluseta seda kasutada), siis järgitakse hinnangute andmisel järelduslikku mudelit (Joonis 23). Kui aga kasutajal on mõistlikul määral aega, siis kõigepealt luuakse enda jaoks ettekujutus toote kasutatavusest, mille põhjal formuleeruvad järgnevad hinnangud toote ilule ja headusele (põhjuslik mudel) (Joonis 6). Väidetakse, et järeldusliku mudeli mõju ajas (toodet kasutades) väheneb ja kasvab põhjusliku mudeli mõju hinnangutele. Seega on võimalik, et kuna üldjoontes oli antud eksperimendis klippide väljanägemine võrdlemisi sarnane, siis kasutajad „harjusid” ajapikku rakendusega. Alguses kujunesid kasutatavuse kohta hinnanguid järeldusliku mudeli järgi ehk tuletades kasutatavuse hinnanguid kohe tekkinud hinnangust ilule, vahendatuna hinnangutest headusele. Olles aga kauem antud vahelduvate sarnaste klippidega rakendust kasutanud, siis kasutaja võis teataval määral oma hinnanguid muuta nüüd vastavalt põhjuslikule mudelile, kus kujunes ettekujutus toote kasutatavusest ja selle põhjal moodustus tagajärjena hinnang ilule ja headusele. Seetõttu võisid kasutajate hinnangud mõnelele kasutatavuse skaaladele ajas muutuda.

Tulevikus võiks antud uurimuses täheldatud ajalist aspekti lähemalt uurida. Vaadelda kasutatavuse ja esteetilisuse hinnangute muutumist ajas, kasutades edasiarendatud veebirakendust, kuid lastes kasutajatel anda hinnangud tootele enne kasutamist ning pikema kasutusaja vältel teatud ajavahemike tagant ja neid omavahel võrrelda. Teisest küljest võiks tähelepanu alla võtta kasutajate eesmärgi. Antud uurimuse jaoks arendatud mängulise veebirakenduse puhul võiks kasutajate eesmärki selgemalt esile tuua. Näiteks tuues sisse võistlusmomendi, arendades rakendust edasi nii, et ekraanil oleks näha teiste mängijate tulemused, kogu teise mängija tegevus või pannes kaks katseisikut kõrvuti istuma ja niimoodi omavahel võistleva ning võrrelda tulemusi. Samuti võiks antud uurimuses kasutatud mugavusvalim asendada mõne tõenäosusliku valimiga, kuna antud uurimuses olid paljud kasutajatest naissoost. Seda võib seletada sellega, et osalemispalve saadeti selliste õppekavade meililistidesse, milles õpib keskmiselt rohkem naissoost tudengeid. Lisaks oli rakenduse kasutamine täielikult vabatahtlik. Samuti võiks kasutada uurimuses rohkem erinevaid värvikombinatsioone, näiteks kombineerides akromaatilisi ning kromaatilisi värvuseid ja muutes ka tausta värvi. Antud uurimuses vaadeldi toote hinnangutest kasutatavust ja esteetilisust, kui võiks sisse tuua ka käsitletud mudeli hedoonilised aspektid. Kuna nii toote hedooniline kui pragmaatiline kvaliteet mõjutavad kasutajate kvaliteedihinnanguid (Shrepp, Held & Laugwitz, 2006), siis tasuks ka seda uurida. Võiks leida teisi muutujaid, mis mõjutavad hinnanguid esteetilisusele (näiteks artistlikkus ja abstraktsus) või kasutatavusele (näiteks nuppude ja sisu ebaloogiline paigutus).

Kokkuvõte

Antud töö kuulub HCI valdkonda ja selles uuriti üliõpilaste hinnanguid veebirakenduse kasutatavusele ja esteetilisusele, kombineerides erinevaid kasutatavust ja esteetilisust mõjutavaid muutujaid eksperimendi käigus. Eksperimendi jaoks koostati veebirakendus, mis koosnes lühikestest mängulistest osadest ehk klippidest, milles kasutaja ülesandeks sai klikkida ja sellega mõjutada kastis põrkavate pallide või ringide liikumist. Uurimuse jaoks muudeti süstemaatiliselt kasutatavust ja esteetilisust puudutavaid muutujaid ning iga klipp sisaldas ühte kombinatsiooni nendest muutujatest. Täpsemalt muudeti kahte esteetilisust puudutavat muutujat – objektide värvi kombinatsioonid (punane-sinine (kromaatile), roheline-kollane (kromaatile) või hall-must (akromaatile) valgel taustal) ja sisupaigutuse ruumiline perspektiiv (2-dimensionaalne ruum või 3-dimensionaalne ruum) ning kasutatavuse muutujat vigade esinemine (funktsionaalsete vigade mitteesinemine, hiireklikkide osaline mittetoimimine või viivitusvead klikkimisel). Hinnanguid koguti eelnevates uuringutes kasutatud leidnud meetodi – semantilise diferentsiaali üheksa hinnanguskaala (Hassenzahl, 2004) abil, millest seitse puudutasid kasutatavust ja kaks esteetilisust.

Üldiselt hinnati kogu veebirakendust tehniliseks, lihtsaks ja ebapraktiliseks, mida võib lugeda ootuspäraseks, kuna tegemist oli autori poolt spetsiaalselt hinnangute kogumiseks arendatud mängulise Flash veebirakendusega.

Eksperimendis muudeti veebirakenduse kasutatavust. Kui polnud esitatud funktsionaalseid vigu, siis üldjuhul hinnati selliseid veebirakenduse klippe kasutatavust puudutavatel skaaladel kõrgemalt kui vigadega klippide puhul. Hiirekliki mittetoimimise vead kaldusid mõjutama kasutajate hinnanguid kasutatavusele rohkem kui ajalise viivituse vead.

Teiseks muudeti eksperimendis klippide esteetilisust. Erinevatest värvustest sai eraldi välja tuua hinnangud kromaatilistele ja akromaatilistele värvikombinatsioonidele. Üldiselt hinnati akromaatiliste värvikombinatsioonidega klippe esteetilisuse skaaladel madalamalt kui kromaatiliste värvikombinatsioonidega klippe. Erinevate kromaatiliste värvikombinatsioonide kohta erinevaid hinnanguid seoses esteetilisusega välja tuua ei saanud. Veebirakenduse esteetilisust muudeti ka teise muutuja abil – klippe esitleti kas kahemõõtmelistena või perspektiivis kolmemõõtmelistena. Esteetilisust mõõtvatel skaaladel hinnati üldiselt positiivsemalt kolmemõõtmelisi klipikombinatsioone ja negatiivsemalt kahemõõtmelisi.

Vaadeldes kasutatavust puudutavaid hinnanguskaalasisid, leiti, et kõigil neil oli ootuspäraselt hinnangud mõjutatud vigade olemasolust – ilma vigadeta klipikombinatsioonide hinnati üldiselt paremini kasutatavateks. Samamoodi oli esteetilisust puudutavatele hinnanguskaaladele antud hinnangud seotud eksperimendi muutujatega värvus ja ruum. Uurimusest ilmselgus tendentsina, et kolmemõõtmelisi kromaatilisi klippe hinnati esteetilisuselt kõrgemaks kui kahemõõtmelisi

akromaatilisi klippe. Kirjeldatud ootuspärasustele lisaks andis skaalade eraldi vaatlemine olulisi lisatulemusi. Näiteks võib välja tuua kasutatavust puudutavatel hinnanguskaaladel avaldunud tendentsid, et hinnanguskaaladele ebapraktiline-praktiline, keerukas-lihtne ja tehniline-inimlik antud vastustest nähtus, et nendel skaaladel on hinnangud lisaks vigade olemasolule klipis mõjutatud ka ruumilisusest (esteetilisuse muutuja). Sama kehtib ka esteetilisust puudutavate hinnangute kohta – esteetilisuse kahe skaala headuse (hea-halb) ja ilu (ilus- inetu) hinnangud on erinevad, sõltudes ilu skaalal vaid esteetilisust puudutavatest eksperimendi muutujatest, kuid headuse skaalal nii esteetilisust kui kasutatavust puudutavatest muutujatest.

Uurimustulemuste interpreteerimisel juureldakse selle üle, kuidas võiksid olla omavahel seotud hinnangud kasutatavusele ja esteetilisusele. Tuues paralleele eelnevate sellealaste teoreetiliste käsitlustega, tõdetakse, et esteetilisuse hinnangutes tuleks eraldi vaadelda hinnanguid ilule ja headusele. Arutelus leitakse sarnasusi eelnevate uurimustega, mille kohaselt hinnangud kasutatavusele ja ilule võiksid olla omavahel kaudselt seotud ning see seos olla vahendatud hinnangutest headusele. Kogu eksperimendi sessioon koosnes 18 juhujärjekorras esitatud klipi läbimängimisest ja hindamisest. Sellest asjaolust tulenevalt leiti, et kasutajate hinnangud erinesid teataval määral olenevalt sellest, kas klippide hindamine toimus eksperimendi alguses või lõpus. Eelnev teemakohane raamistik pakub lähtekohti selle interpreteerimiseks.

Nii käesolevas uurimuses püstitatud hüpoteeside kinnitamine kui ka lisaks sellele leitud uurimistulemused täiendavad HCI teemavaldkonda ja kokkuvõtlikult rõhutatakse, et kasutajate hinnang tootele ei kujune vaid sellest lähtuvalt, kui kasutatavaks veebirakendust peetakse, vaid olulised on ka esteetilised aspektid.

Summary

Attitudes Towards the Usability and Aesthetics of a Web Application

Master Thesis

Kristo Kõiv

Abstract

The master thesis focuses on the field of Human-Computer Interaction (HCI). The aim of this thesis was to study the attitudes towards the usability and aesthetics of a web application. The first chapter of this thesis focuses on the overview studies and research methods involving the field at issue. Secondly an experiment was conducted to gather the opinions about the aesthetics and usability of a web application. Therefore an Adobe Flash based web application was developed that consisted of 18 playful interactive clips that differed from each other by the combination of three variables each involving aesthetics or usability. The usability was modified by introducing controlled functional errors to the application (no errors, mouse click delays or random mouse clicks malfunctioning). The aesthetics factor was modified by two variables: colour combinations (two chromatic (red-blue and green-yellow) or one achromatic colour combination) and spatial visual display of the whole clip (two-dimensional (2D) or three-dimensional (3D)). Each clip was evaluated by the users using semantic differential research method consisting of nine 7-point scales of usability and aesthetics.

The experiment was carried out amongst 169 students, gathering the opinions of 2382 clips. The results show that the clips with no functional errors were evaluated higher on the scales involving usability than the clips including functional errors. The errors of mouse clicks malfunctioning were found to influence the user's attitudes towards usability more than the delaying of mouse clicks functionality. There was a tendency that the clips having achromatic colour combinations were evaluated lower on the aesthetic scales than the clips containing chromatic colours. Though no statistical differences were found between the evaluations of the two chromatic colour combinations introduced on the aesthetics scales. It was also found that on the aesthetics scales the 3D clips were generally rated higher than 2D clips.

Additionally when looking at the relation of the attitudes towards usability and aesthetics it is proposed that, considering the evaluations of aesthetics, the beauty and goodness scales should be viewed at separately. It is speculated based on previous research that the attitudes towards usability and beauty are related indirectly in such a way that it's mediated by goodness. On the other hand it is found that the participants changed some of their opinions over the time of participating in the experiment which arises some new fields for research. In general it is emphasised that the overall evaluation is not solely based on the opinions of usability but also the attitudes towards aesthetics play an important role.

Kasutatud kirjandus

Adam, S., Mukasa K. S., Breiner, K., & Trapp, M. (2008). An apartment-based metaphor for intuitive interaction with ambient assisted living applications. *Proceedings of the 22nd British HCI Group Annual Conference on HCI 2008: People and Computers XXII: Culture, Creativity, Interaction*, 67-75.

Adobe – Flash Player Statistics (2011). Loetud internetis 09.01.2011 aadressil www.adobe.com/products/player_census/flashplayer/

Alternativa Platform – Flash 3D Multiplayer (2009). Loetud internetis 20.01.2009 aadressil <http://alternativaplatform.com/en/>

Away3D Flash Engine (2009). Loetud internetis 20.01.2009 aadressil <http://away3d.com/>

Baumgärtner, S., Ebert, A., Deller, M., & Agne, S. (2007). 2D meets 3D: a human-centered interface for visual data exploration. *CHI '07 extended abstracts on Human factors in computing systems*, 2273-2278.

Ben-Bassat, T., Meyer, J., Tractinsky, N. (2006). Economic and Subjective Measures of the Perceived Value of Aesthetics and Usability. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 13(2), 210–234.

Bevan, N. (1995). Measuring usability as quality of use. *Software Quality Journal*, 4, 115–130.

Bevan, N. (2001). International Standards for HCI and Usability. *International Journal of Human Computer Studies*, 55(4), 533-552.

Bidgoli, H. (Ed.) (2004). *The Internet encyclopedia, Volume 3*. Hoboken, New Jersey: John Wiley and Sons, Inc.

Birembaut, J. (2008). *WOW-engine – Project hosting on Google Code*. Loetud internetis 20.01.2009 aadressil <http://code.google.com/p/wow-engine/>

Birkhoff, G. D. (1933). *Aesthetic Measure*. Harvard: Harvard University Press.

Blythe, M. A., Overbeeke, K., Monk, A. F., & Wright, P. C. (Eds.) (2004). *Funology: From Usability to Enjoyment*. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Card, S. K., Robertson, G. G., & Mackinlay, J. D. (1991). The information visualizer: An information workspace. *ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '91)*, 181-188.

Carroll, J. (2009). Encyclopedia entry on Human Computer Interaction (HCI). Interaction-Design.org. Loetud internetis 15.10.2010 aadressil http://www.interaction-design.org/encyclopedia/human_computer_interaction_hci.html

De Angeli, M., Sutcliffe, A.G., & Hartmann J. (2006). Interaction, usability and aesthetics: What influences users' preferences? *Proceedings of the 6th conference on Designing Interactive systems (DIS '06)*, 271-280.

Dion, K., Berscheid, E., & Walster, E. (1972). What is beautiful is good. *Journal of Personality and Social Psychology*, 24, 285-290.

Eesti keele sõnaraamat ÕS. (1999). Tallinn: Eesti Keele Instituut.

Filonik, D., & Baur, D. (2009). Measuring Aesthetics for Information Visualization. *13th International Conference Information Visualisation*, 579-584.

Fogg, B., Soohoo, C., Danielson, D. R., Marable, L., Stanford, J., & Tauber, E. R. (2003). How do users evaluate the credibility of Web sites?: a study with over 2,500 participants. *The 2003 conference on Designing for user experiences (DUX '03)*, 1-15.

Hall, R. H., & Hanna, P. (2004). The impact of web page text-background colour combinations on readability, retention, aesthetics and behavioural intention. *Behaviour and Information Technology*, 23(3), 183-195.

Hassenzahl, M., & Monk, A. (2010). The Inference of Perceived Usability From Beauty. *Human-Computer Interaction*, 25(3), 235-260.

Hassenzahl, M., & Ullrich, D. (2007). To do or not to do: Differences in user experience and retrospective judgments depending on the presence or absence of instrumental goals. *Interacting with Computers*, 19, 429-437.

Hassenzahl, M. (2004). The interplay of beauty, goodness, and usability in interactive products. *Human-Computer Interaction*, 19, 319-349.

Hassenzahl, M., Burmester, M., & Koller, F. (2003). AttrakDiff: Ein Fragebogen zur Messung wahrgenommener hedonischer und pragmatischer Qualität. *Mensch & Computer 2003: Interaktion in Bewegung*, 187–196.

Hassenzahl, M. (2003). The thing and I: Understanding the relationship between user and product. *Funology: From usability to enjoyment*, 31–42.

Hassenzahl, M., Kekez, R., & Burmester, M. (2002). The importance of a software's pragmatic quality depends on usage modes. *Proceedings of the 6th international conference on Work With Display Units*, 275-276.

Hassenzahl, M. (2001). The effect of perceived hedonic quality on product appealingness. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 13(4), 479-497.

Hewett, T. T., Baecker, R., Card, S., Carey, T., Gasen, J., Mantei, M., Perlman, G., Strong, G., & Verplank, W. (1992). *ACM SIGCHI Curricula for Human-Computer Interaction*, New York: ACM. Loetud internetis 12.06.2010 aadressil http://old.sigchi.org/cdg/cdg2.html#2_1

Huhtala, J., Sarjanoja, A.-H., Mäntyjärvi, J., Isomursu, M., & Häkkinen, J. (2010). Animated UI transitions and perception of time: A user study on animated effects on a mobile screen. *Conference on Human Factors in Computing Systems – Proceedings*, 2, 1339-1342.

Isleifsdottir, J., & Larusdottir, M. (2008). Measuring the User Experience of a Task Oriented Software, *International Workshop on Meaningful Measures: Valid Useful User Experience Measurement (VUUM)*, 97-102.

ISO 9241-11. (1998). Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) -- Part 11: Guidance on usability. Geneva, Switzerland: ISO.

ISO/IEC 9126-1. (2001). Software engineering — Product quality — Part 1: Quality model. Geneva, Switzerland: ISO.

Kaart, T. (2002). *Andmeanaliüis MS Exceli abil*. Loetud internetis 19.06.2010 aadressil http://www.eau.ee/~ktanel/kool_ja_too/stat_excelis/hypot.html

Kampf, M. (2004). *What is Usable is Usable*. M.Sc. dissertation. Netherlands: Utrecht University.

Karvonen, K. (2000). The Beauty of Simplicity. *Proceedings on the 2000 conference on Universal Usability*, 85 - 90.

Kozierok, C. M. (2001). Ergonomics and Usability. *The PC Guide*. Loetud internetis 27.02.2011 aadressil <http://www.pcguide.com/buy/des/nonErgo-c.html>

Kurosu, M., & Kashimura, K. (1995a). Apparent usability vs. inherent usability: experimental analysis on the determinants of the apparent usability. *Human Factors in Computing Systems*, 292 - 293.

Kurosu, M., & Kashimura, K. (1995b). Determinants of the apparent usability. *Systems, Man and Cybernetics Intelligent Systems for the 21st Century*, 1509 - 1514.

Lavie, T., & Tractinsky, N. (2004). Assessing dimensions of perceived visual aesthetics of web sites. *Human-Computer Studies*, 60, 269-298.

Lee, S., & Koubek, R. J. (2010). Understanding user preferences based on usability and aesthetics before and after actual use. *Interacting with Computers*, 22(6), 530-543.

Lindgaard, G., & Dudek, C. (2003). What is this evasive beast we call user satisfaction? *Interacting with Computers* 15(3), 429-452.

Mack, R., Lewis, C., & Carroll, J. (1983). Learning to use word processors: problems and prospects. *ACM Transactions on Information Systems (TOIS)*, 1(3), 254-271.

McGrenere, J. (2000). "Bloat": the objective and subject dimensions. *ACM CHI 2000 extended abstracts on Human factors in computing systems*, 337-338.

Mentis, H.M. & Gay, G.K. (2003). User recalled occurrences of usability errors: Implications on the user experience. *Extended Abstracts of the Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI)*, 736-737.

Miller, R. B. (1968). Response time in man-computer conversational transactions. *AFIPS Fall Joint Computer Conference*, 33, 267-277.

Nielsen, J. (2008). *Usability ROI Declining, But Still Strong*. Loetud internetis 18.09.2010 aadressil <http://www.useit.com/alertbox/roi.html>

Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*. Boston, MA: Academic Press

Norman, D. A. (2004a). Introduction to This Special Section on Beauty, Goodness, and Usability. *Human-Computer Interaction*, 19(4), 311-318.

Norman, D. A. (2004b). *Emotional Design: Why we love (or hate) everyday things*. New York: Basic Books Inc.

Norman, D. A. (1998). *The Design of Everyday Things*. New York: Basic Books Inc.

Osgood, C.E., Suci, G., & Tannenbaum, P. (1957). *The measurement of meaning*. Urbana, IL: University of Illinois Press.

Pandir, M., & Knight, J. (2006). Homepage aesthetics: The search for preference factors and the challenges of subjectivity. *Interacting with Computers*, 18, 1351–1370.

Papervision3D - Project hosting on Google Code, (2009). Loetud internetis 20.01.2009 aadressil <http://code.google.com/p/papervision3d/>

Pearrow, M. (2006). *Web Usability Handbook. Second Edition*. Boston: Charles River Media.

Petroski, H. (1993). *The Evolution of Useful Things: How Everyday Artifacts-From Forks and Pins to Paper Clips and Zippers-Came to be as They are*. New York: Vintage books.

Põldoja, H. (2003). *Veebipõhise õpiahaldussüsteemi kasutajaliidese disain*. Magistritöö. Tallinna Pedagoogikakool.

Reeves, B., & Nass, C. (1996). *The Media Equation: How People Treat Computers, Television and New Media Like Real People and Places*. Stanford, CA: Cambridge University Press.

Russo, B., & De Moraes, A. (2003). The lack of usability in design icons: An affective case study about Juicy Salif. *Proceedings of the 2003 International Conference on Designing Pleasurable Products and Interfaces*, 146-147.

Sandy 3D Engine for Adobe Flash, (2009). Loetud internetis 20.01.2009 aadressil <http://www.flashsandy.org>

Sebrechts M. M., Vasilakis J., Miller M. S., Cugini J. V. & Laskowski S. J. (1999) Visualization of Search Results: A Comparative Evaluation of Text, 2D, and 3D Interfaces. *Proceedings of the 22nd annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval*, 3-10.

- Schaik, P., & Ling, J. (2008). Modelling user experience with web sites: Usability, hedonic value, beauty and goodness, *Interacting with Computers*, 20(3), 419-432.
- Schaik, P., & Ling, J. (2009). The role of context in perceptions of the aesthetics of web pages over time, *International Journal of Human-Computer Studies*, 67(1), 79-89.
- Schenkman, B., & Jönsson, F. U. (2000). Aesthetics and preferences of web pages. *Behaviour & Information Technology*, 19(5), 367-377.
- Shifferstein, H., & Hekkert, P. (Eds), (2008). *Product Experience*. San Diego, CA: Elsevier Ltd.
- Schrepp, M., Held, T., & Laugwitz, B. (2006). The influence of hedonic quality on the attractiveness of user interfaces of business management software. *Interacting with Computers*, (18), 1055-1069.
- Shneiderman, B. (2004). Designing for fun: how can we design user interfaces to be more fun? *ACM Interactions*, 11(5), 48-50.
- Sutcliffe, A.G., & De Angeli, A. (2005). Assessing interaction styles in web userinterfaces. *Proceedings of Human Computer Interaction - Interact 2005*, 405-417.
- Syarief, A. & Hibino, H. (2007). Looking into the Credibility of Appearance: Exploring the Role of Color in Interface Aesthetics and How it Affects our Perception on System's Credibility. *ITB Journal of Visual Art and Design*, 1(1), 1 - 9.
- Thüring, M. & Mahlke, S. (2007). Usability, aesthetics and emotions in human-technology interaction. *International Journal of Psychology*, 42 (4), 253-264.
- Tractinsky, N., Katz, A. S., & Ikar, D. (2000). What is beautiful is usable. *Interacting with Computers*, 13, 127-145.
- Tractinsky, N. (1997). Aesthetics and apparent usability: empirically assessing cultural and methodological issues. *SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, 115 - 122.
- Udsen, L. E., & Jørgensen, A. H. (2005). The aesthetic turn: unravelling recent aesthetic approaches to human-computer interaction. *Digital Creativity*. 16(4), 205-216.

Wickens, C., Todd, S., & Seidler, K. (1989). *Three-dimensional displays: Perception, implementation, and applications (CSERIAC-SOAR-89-001)*. Wright-Patterson Air Force Base, OH: CSERIAC AAMRL.

Yamamoto, M., & Lambert, D. R. (1994). The Impact of Product Aesthetics on the Evaluation of Industrial Products. *Journal of Product Innovation Management*, 11(4), 309-324.

Yingjun S., Ning D., Guangrong H., & Xingxi S. (2009). The Research and Application of 2D and 3D Interactive System. *Information and Computing Science*, 252-254.

Zayd H., Jakkaphan T., & Katherine M. (2003). Virtual galleries: is 3D better?, *Proceedings of the 2nd International conference on Computer graphics, virtual Reality, visualisation and interaction in Africa*, 17-24.

Lisad

Lisa 1. CDI – veebirakendus ja selle lähtekood.

Lisa 2. CDI – Microsoft Excel VBA Macro lähtekood t-testi leidmiseks paljude üldkogumite võrdlemisel.

Lisa 3. T-väärtused ja statistiliselt olulised erinevused hinnanguskaalal ebamäärane-selge võrreldes kõiki veebirakenduse klipikombinatsioone omavahel

| | 2D MO EI | 2D MO VIG | 2D MO VIIV | 2D RK EI | 2D RK VIG | 2D RK VIIV | 2D PS EI | 2D PS VIG | 2D PS VIIV | 3D MO EI | 3D MO VIG | 3D MO VIIV | 3D RK EI | 3D RK VIG | 3D RK VIIV | 3D PS EI | 3D PS VIG | 3D PS VIIV |
|------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|
| 2D/MO/EI | | 2,53* | 1,74 | 0,4 | 2,5* | 1,24 | 0,2 | 2,54* | 0,88 | 0,73 | 2,31* | 1,72 | 0,14 | 2,42* | 1,39 | 0,19 | 1,82 | 0,72 |
| 2D/MO/VIG | -2,53* | | -0,81 | -2,08* | -0,06 | -1,24 | -2,33* | 0,03 | -1,6 | -1,74 | -0,27 | -0,8 | -2,31* | -0,18 | -1,1 | -2,33* | -0,73 | -1,73 |
| 2D/MO/VIIV | -1,74 | 0,81 | | -1,3 | 0,76 | -0,46 | -1,54 | 0,84 | -0,82 | -0,96 | 0,56 | 0 | -1,55 | 0,65 | -0,31 | -1,54 | 0,08 | -0,96 |
| 2D/RK/EI | -0,4 | 2,08* | 1,3 | | 2,04* | 0,83 | -0,2 | 2,1* | 0,47 | 0,33 | 1,86 | 1,29 | -0,25 | 1,96 | 0,97 | -0,21 | 1,38 | 0,32 |
| 2D/RK/VIG | -2,5* | 0,06 | -0,76 | -2,04* | | -1,19 | -2,3* | 0,09 | -1,55 | -1,7 | -0,21 | -0,75 | -2,28* | -0,12 | -1,06 | -2,3* | -0,68 | -1,69 |
| 2D/RK/VIIV | -1,24 | 1,24 | 0,46 | -0,83 | 1,19 | | -1,05 | 1,26 | -0,35 | -0,49 | 1 | 0,45 | -1,06 | 1,1 | 0,14 | -1,05 | 0,53 | -0,49 |
| 2D/PS/EI | -0,2 | 2,33* | 1,54 | 0,2 | 2,3* | 1,05 | | 2,34* | 0,69 | 0,54 | 2,11* | 1,52 | -0,05 | 2,22* | 1,2 | 0 | 1,62 | 0,53 |
| 2D/PS/VIG | -2,54* | -0,03 | -0,84 | -2,1* | -0,09 | -1,26 | -2,34* | | -1,61 | -1,76 | -0,3 | -0,83 | -2,33* | -0,21 | -1,13 | -2,34* | -0,76 | -1,75 |
| 2D/PS/VIIV | -0,88 | 1,6 | 0,82 | -0,47 | 1,55 | 0,35 | -0,69 | 1,61 | | -0,14 | 1,36 | 0,81 | -0,71 | 1,46 | 0,49 | -0,69 | 0,89 | -0,15 |
| 3D/MO/EI | -0,73 | 1,74 | 0,96 | -0,33 | 1,7 | 0,49 | -0,54 | 1,76 | 0,14 | | 1,51 | 0,95 | -0,57 | 1,61 | 0,64 | -0,54 | 1,04 | -0,01 |
| 3D/MO/VIG | -2,31* | 0,27 | -0,56 | -1,86 | 0,21 | -1 | -2,11* | 0,3 | -1,36 | -1,51 | | -0,55 | -2,09* | 0,1 | -0,86 | -2,11* | -0,48 | -1,5 |
| 3D/MO/VIIV | -1,72 | 0,8 | 0 | -1,29 | 0,75 | -0,45 | -1,52 | 0,83 | -0,81 | -0,95 | 0,55 | | -1,53 | 0,65 | -0,31 | -1,53 | 0,08 | -0,95 |
| 3D/RK/EI | -0,14 | 2,31* | 1,55 | 0,25 | 2,28* | 1,06 | 0,05 | 2,33* | 0,71 | 0,57 | 2,09* | 1,53 | | 2,2* | 1,21 | 0,05 | 1,62 | 0,56 |
| 3D/RK/VIG | -2,42* | 0,18 | -0,65 | -1,96 | 0,12 | -1,1 | -2,22* | 0,21 | -1,46 | -1,61 | -0,1 | -0,65 | -2,2* | | -0,96 | -2,22* | -0,58 | -1,6 |
| 3D/RK/VIIV | -1,39 | 1,1 | 0,31 | -0,97 | 1,06 | -0,14 | -1,2 | 1,13 | -0,49 | -0,64 | 0,86 | 0,31 | -1,21 | 0,96 | | -1,2 | 0,39 | -0,64 |
| 3D/PS/EI | -0,19 | 2,33* | 1,54 | 0,21 | 2,3* | 1,05 | 0 | 2,34* | 0,69 | 0,54 | 2,11* | 1,53 | -0,05 | 2,22* | 1,2 | | 1,62 | 0,53 |
| 3D/PS/VIG | -1,82 | 0,73 | -0,08 | -1,38 | 0,68 | -0,53 | -1,62 | 0,76 | -0,89 | -1,04 | 0,48 | -0,08 | -1,62 | 0,58 | -0,39 | -1,62 | | -1,04 |
| 3D/PS/VIIV | -0,72 | 1,73 | 0,96 | -0,32 | 1,69 | 0,49 | -0,53 | 1,75 | 0,15 | 0,01 | 1,5 | 0,95 | -0,56 | 1,6 | 0,64 | -0,53 | 1,04 | |

* p<0,05 ** p<0,01

Ruum:

2D – kahemõõtmeline
3D – kolmemõõtmeline

Värvus:

MO – akromaatileine: must ja hall
RK – kromaatileine1: roheline ja kollane
PS – kromaatileine 2: punane ja sinine

Vead:

EI – vigu pole
VIG – toimimisvead
VIIV – viivitusvead

Lisa 4. T-väärtused ja statistiliselt olulised erinevused hinnanguskaalal ebapraktiline-praktiline võrreldes kõiki veebirakenduse klipikombinatsioone omavahel

| | 2D MO EI | 2D MO VIG | 2D MO VIIV | 2D RK EI | 2D RK VIG | 2D RK VIIV | 2D PS EI | 2D PS VIG | 2D PS VIIV | 3D MO EI | 3D MO VIG | 3D MO VIIV | 3D RK EI | 3D RK VIG | 3D RK VIIV | 3D PS EI | 3D PS VIG | 3D PS VIIV |
|------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|
| 2D/MO/EI | | 2,43* | 1,5 | 0,95 | 2,39* | 0,24 | 0,71 | 2,26* | 1,34 | 0,6 | 1,56 | 0,88 | 0,23 | 1,52 | 0,91 | -0,07 | 1,17 | 0,87 |
| 2D/MO/VIG | -2,43* | | -0,97 | -1,43 | -0,11 | -2,04* | -1,73 | -0,21 | -1,05 | -1,78 | -0,89 | -1,49 | -2,07* | -0,92 | -1,45 | -2,45* | -1,3 | -1,48 |
| 2D/MO/VIIV | -1,5 | 0,97 | | -0,5 | 0,88 | -1,16 | -0,79 | 0,77 | -0,11 | -0,86 | 0,07 | -0,57 | -1,18 | 0,04 | -0,53 | -1,54 | -0,34 | -0,57 |
| 2D/RK/EI | -0,95 | 1,43 | 0,5 | | 1,36 | -0,66 | -0,26 | 1,25 | 0,38 | -0,34 | 0,57 | -0,07 | -0,67 | 0,53 | -0,03 | -1 | 0,18 | -0,07 |
| 2D/RK/VIG | -2,39* | 0,11 | -0,88 | -1,36 | | -1,98* | -1,67 | -0,1 | -0,97 | -1,72 | -0,8 | -1,43 | -2,02* | -0,83 | -1,38 | -2,41* | -1,23 | -1,42 |
| 2D/RK/VIIV | -0,24 | 2,04* | 1,16 | 0,66 | 1,98* | | 0,43 | 1,87 | 1,02 | 0,33 | 1,22 | 0,59 | 0 | 1,18 | 0,63 | -0,3 | 0,85 | 0,59 |
| 2D/PS/EI | -0,71 | 1,73 | 0,79 | 0,26 | 1,67 | -0,43 | | 1,56 | 0,65 | -0,09 | 0,85 | 0,19 | -0,44 | 0,81 | 0,23 | -0,77 | 0,46 | 0,19 |
| 2D/PS/VIG | -2,26* | 0,21 | -0,77 | -1,25 | 0,1 | -1,87 | -1,56 | | -0,86 | -1,6 | -0,69 | -1,31 | -1,9 | -0,72 | -1,27 | -2,29* | -1,11 | -1,3 |
| 2D/PS/VIIV | -1,34 | 1,05 | 0,11 | -0,38 | 0,97 | -1,02 | -0,65 | 0,86 | | -0,72 | 0,18 | -0,45 | -1,04 | 0,15 | -0,41 | -1,39 | -0,21 | -0,44 |
| 3D/MO/EI | -0,6 | 1,78 | 0,86 | 0,34 | 1,72 | -0,33 | 0,09 | 1,6 | 0,72 | | 0,92 | 0,27 | -0,34 | 0,88 | 0,31 | -0,66 | 0,53 | 0,27 |
| 3D/MO/VIG | -1,56 | 0,89 | -0,07 | -0,57 | 0,8 | -1,22 | -0,85 | 0,69 | -0,18 | -0,92 | | -0,64 | -1,24 | -0,03 | -0,6 | -1,6 | -0,41 | -0,63 |
| 3D/MO/VIIV | -0,88 | 1,49 | 0,57 | 0,07 | 1,43 | -0,59 | -0,19 | 1,31 | 0,45 | -0,27 | 0,64 | | -0,6 | 0,6 | 0,04 | -0,93 | 0,25 | 0 |
| 3D/RK/EI | -0,23 | 2,07* | 1,18 | 0,67 | 2,02* | 0 | 0,44 | 1,9 | 1,04 | 0,34 | 1,24 | 0,6 | | 1,2 | 0,64 | -0,3 | 0,87 | 0,6 |
| 3D/RK/VIG | -1,52 | 0,92 | -0,04 | -0,53 | 0,83 | -1,18 | -0,81 | 0,72 | -0,15 | -0,88 | 0,03 | -0,6 | -1,2 | | -0,56 | -1,56 | -0,37 | -0,6 |
| 3D/RK/VIIV | -0,91 | 1,45 | 0,53 | 0,03 | 1,38 | -0,63 | -0,23 | 1,27 | 0,41 | -0,31 | 0,6 | -0,04 | -0,64 | 0,56 | | -0,96 | 0,21 | -0,04 |
| 3D/PS/EI | 0,07 | 2,45* | 1,54 | 1 | 2,41* | 0,3 | 0,77 | 2,29* | 1,39 | 0,66 | 1,6 | 0,93 | 0,3 | 1,56 | 0,96 | | 1,22 | 0,92 |
| 3D/PS/VIG | -1,17 | 1,3 | 0,34 | -0,18 | 1,23 | -0,85 | -0,46 | 1,11 | 0,21 | -0,53 | 0,41 | -0,25 | -0,87 | 0,37 | -0,21 | -1,22 | | -0,25 |
| 3D/PS/VIIV | -0,87 | 1,48 | 0,57 | 0,07 | 1,42 | -0,59 | -0,19 | 1,3 | 0,44 | -0,27 | 0,63 | 0 | -0,6 | 0,6 | 0,04 | -0,92 | 0,25 | |

* p<0,05 ** p<0,01

Ruum:

2D – kahemõtmeline

3D – kolmemõtmeline

Värvus:

MO – akromaatileine: must ja hall

RK – kromaatileine 1: roheline ja kollane

PS – kromaatileine 2: punane ja sinine

Vead:

EI – vigu pole

VIG – toimimisvead

VIIV – viivitusvead

Lisa 5. T-väärtused ja statistiliselt olulised erinevused hinnanguskaalal hea-halb võrreldes kõiki veebirakenduse klipikombinatsioone omavahel

| | 2D MO EI | 2D MO VIG | 2D MO VIIV | 2D RK EI | 2D RK VIG | 2D RK VIIV | 2D PS EI | 2D PS VIG | 2D PS VIIV | 3D MO EI | 3D MO VIG | 3D MO VIIV | 3D RK EI | 3D RK VIG | 3D RK VIIV | 3D PS EI | 3D PS VIG | 3D PS VIIV |
|------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|
| 2D/MO/EI | | -2,49* | -1,53 | 0,53 | -1,26 | -0,34 | 0,78 | -1,38 | -0,67 | 0,98 | -0,73 | -0,77 | 0,7 | -0,47 | 1,01 | 1,04 | -0,35 | 1,31 |
| 2D/MO/VIG | 2,49* | | 1,04 | 3,1** | 1,24 | 2,12* | 3,43** | 1,03 | 1,85 | 3,58** | 1,76 | 1,74 | 3,19** | 2,03* | 3,5** | 3,6** | 2,13* | 3,81** |
| 2D/MO/VIIV | 1,53 | -1,04 | | 2,12* | 0,24 | 1,15 | 2,43* | 0,06 | 0,85 | 2,6** | 0,78 | 0,74 | 2,24* | 1,04 | 2,56* | 2,63** | 1,16 | 2,87** |
| 2D/RK/EI | -0,53 | -3,1** | -2,12* | | -1,83 | -0,87 | 0,25 | -1,94 | -1,22 | 0,46 | -1,28 | -1,33 | 0,19 | -1,02 | 0,52 | 0,53 | -0,89 | 0,82 |
| 2D/RK/VIG | 1,26 | -1,24 | -0,24 | 1,83 | | 0,9 | 2,11* | -0,17 | 0,6 | 2,29* | 0,53 | 0,49 | 1,95 | 0,78 | 2,27* | 2,33* | 0,9 | 2,57* |
| 2D/RK/VIIV | 0,34 | -2,12* | -1,15 | 0,87 | -0,9 | | 1,13 | -1,03 | -0,31 | 1,33 | -0,37 | -0,42 | 1,03 | -0,12 | 1,34 | 1,38 | -0,01 | 1,64 |
| 2D/PS/EI | -0,78 | -3,43** | -2,43* | -0,25 | -2,11* | -1,13 | | -2,22* | -1,5 | 0,23 | -1,55 | -1,6 | -0,04 | -1,28 | 0,29 | 0,3 | -1,15 | 0,6 |
| 2D/PS/VIG | 1,38 | -1,03 | -0,06 | 1,94 | 0,17 | 1,03 | 2,22* | | 0,75 | 2,39* | 0,67 | 0,64 | 2,06* | 0,92 | 2,36* | 2,42* | 1,03 | 2,66** |
| 2D/PS/VIIV | 0,67 | -1,85 | -0,85 | 1,22 | -0,6 | 0,31 | 1,5 | -0,75 | | 1,69 | -0,07 | -0,1 | 1,37 | 0,19 | 1,69 | 1,74 | 0,31 | 1,99* |
| 3D/MO/EI | -0,98 | -3,58** | -2,6** | -0,46 | -2,29* | -1,33 | -0,23 | -2,39* | -1,69 | | -1,74 | -1,79 | -0,25 | -1,48 | 0,07 | 0,08 | -1,34 | 0,37 |
| 3D/MO/VIG | 0,73 | -1,76 | -0,78 | 1,28 | -0,53 | 0,37 | 1,55 | -0,67 | 0,07 | 1,74 | | -0,04 | 1,42 | 0,25 | 1,74 | 1,78 | 0,37 | 2,03* |
| 3D/MO/VIIV | 0,77 | -1,74 | -0,74 | 1,33 | -0,49 | 0,42 | 1,6 | -0,64 | 0,1 | 1,79 | 0,04 | | 1,47 | 0,3 | 1,79 | 1,84 | 0,41 | 2,09* |
| 3D/RK/EI | -0,7 | -3,19** | -2,24* | -0,19 | -1,95 | -1,03 | 0,04 | -2,06* | -1,37 | 0,25 | -1,42 | -1,47 | | -1,17 | 0,32 | 0,32 | -1,05 | 0,61 |
| 3D/RK/VIG | 0,47 | -2,03* | -1,04 | 1,02 | -0,78 | 0,12 | 1,28 | -0,92 | -0,19 | 1,48 | -0,25 | -0,3 | 1,17 | | 1,49 | 1,53 | 0,12 | 1,78 |
| 3D/RK/VIIV | -1,01 | -3,5** | -2,56* | -0,52 | -2,27* | -1,34 | -0,29 | -2,36* | -1,69 | -0,07 | -1,74 | -1,79 | -0,32 | -1,49 | | 0 | -1,36 | 0,29 |
| 3D/PS/EI | -1,04 | -3,6** | -2,63** | -0,53 | -2,33* | -1,38 | -0,3 | -2,42* | -1,74 | -0,08 | -1,78 | -1,84 | -0,32 | -1,53 | 0 | | -1,39 | 0,3 |
| 3D/PS/VIG | 0,35 | -2,13* | -1,16 | 0,89 | -0,9 | 0,01 | 1,15 | -1,03 | -0,31 | 1,34 | -0,37 | -0,41 | 1,05 | -0,12 | 1,36 | 1,39 | | 1,65 |
| 3D/PS/VIIV | -1,31 | -3,81** | -2,87** | -0,82 | -2,57* | -1,64 | -0,6 | -2,66** | -1,99* | -0,37 | -2,03* | -2,09* | -0,61 | -1,78 | -0,29 | -0,3 | -1,65 | |

* p<0,05 ** p<0,01

Ruum:

2D – kahemõõtmeline
3D – kolmemõõtmeline

Värvus:

MO – akromaatiline: must ja hall
RK – kromaatiline 1: roheline ja kollane
PS – kromaatiline 2: punane ja sinine

Vead:

EI – vigu pole
VIG – toimimisvead
VIIV – viivitusvead

Lisa 6. T-väärtused ja statistiliselt olulised erinevused hinnanguskaalal ilus-inetu võrreldes kõiki veebirakenduse klipikombinatsioone omavahel

| | 2D MO EI | 2D MO VIG | 2D MO VIIV | 2D RK EI | 2D RK VIG | 2D RK VIIV | 2D PS EI | 2D PS VIG | 2D PS VIIV | 3D MO EI | 3D MO VIG | 3D MO VIIV | 3D RK EI | 3D RK VIG | 3D RK VIIV | 3D PS EI | 3D PS VIG | 3D PS VIIV |
|------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|
| 2D/MO/EI | | -1,48 | -0,64 | 3,37** | 1,91 | 2,69** | 2,31* | 0,98 | 1,62 | 2,14* | 2,34* | 1,98* | 5,87** | 5,78** | 6,63** | 5,19** | 5,73** | 5,71** |
| 2D/MO/VIG | 1,48 | | 0,87 | 4,8** | 3,39** | 4,11** | 3,74** | 2,38* | 3,04** | 3,54** | 3,75** | 3,38** | 7,28** | 7,21** | 8,07** | 6,58** | 7,12** | 7,1** |
| 2D/MO/VIIV | 0,64 | -0,87 | | 4,07** | 2,6** | 3,37** | 2,99** | 1,61 | 2,27* | 2,79** | 3,01** | 2,63** | 6,62** | 6,55** | 7,43** | 5,91** | 6,46** | 6,44** |
| 2D/RK/EI | -3,37** | -4,8** | -4,07** | | -1,51 | -0,61 | -1 | -2,24* | -1,63 | -1,12 | -0,94 | -1,27 | 2,5* | 2,35* | 3,15** | 1,89 | 2,41* | 2,38* |
| 2D/RK/VIG | -1,91 | -3,39** | -2,6** | 1,51 | | 0,87 | 0,47 | -0,83 | -0,2 | 0,33 | 0,52 | 0,17 | 4,06** | 3,93** | 4,77** | 3,4** | 3,94** | 3,91** |
| 2D/RK/VIIV | -2,69** | -4,11** | -3,37** | 0,61 | -0,87 | | -0,39 | -1,62 | -1,02 | -0,51 | -0,33 | -0,66 | 3,06** | 2,92** | 3,71** | 2,44* | 2,96** | 2,93** |
| 2D/PS/EI | -2,31* | -3,74** | -2,99** | 1 | -0,47 | 0,39 | | -1,25 | -0,64 | -0,13 | 0,05 | -0,28 | 3,47** | 3,34** | 4,14** | 2,85** | 3,37** | 3,34** |
| 2D/PS/VIG | -0,98 | -2,38* | -1,61 | 2,24* | 0,83 | 1,62 | 1,25 | | 0,6 | 1,1 | 1,28 | 0,95 | 4,63** | 4,52** | 5,31** | 4** | 4,52** | 4,49** |
| 2D/PS/VIIV | -1,62 | -3,04** | -2,27* | 1,63 | 0,2 | 1,02 | 0,64 | -0,6 | | 0,5 | 0,68 | 0,35 | 4,06** | 3,94** | 4,73** | 3,43** | 3,95** | 3,92** |
| 3D/MO/EI | -2,14* | -3,54** | -2,79** | 1,12 | -0,33 | 0,51 | 0,13 | -1,1 | -0,5 | | 0,18 | -0,15 | 3,54** | 3,41** | 4,19** | 2,93** | 3,44** | 3,41** |
| 3D/MO/VIG | -2,34* | -3,75** | -3,01** | 0,94 | -0,52 | 0,33 | -0,05 | -1,28 | -0,68 | -0,18 | | -0,33 | 3,39** | 3,25** | 4,04** | 2,77** | 3,29** | 3,25** |
| 3D/MO/VIIV | -1,98* | -3,38** | -2,63** | 1,27 | -0,17 | 0,66 | 0,28 | -0,95 | -0,35 | 0,15 | 0,33 | | 3,69** | 3,56** | 4,35** | 3,07** | 3,59** | 3,56** |
| 3D/RK/EI | -5,87** | -7,28** | -6,62** | -2,5* | -4,06** | -3,06** | -3,47** | -4,63** | -4,06** | -3,54** | -3,39** | -3,69** | | -0,2 | 0,56 | -0,57 | -0,05 | -0,1 |
| 3D/RK/VIG | -5,78** | -7,21** | -6,55** | -2,35* | -3,93** | -2,92** | -3,34** | -4,52** | -3,94** | -3,41** | -3,25** | -3,56** | 0,2 | | 0,78 | -0,39 | 0,14 | 0,09 |
| 3D/RK/VIIV | -6,63** | -8,07** | -7,43** | -3,15** | -4,77** | -3,71** | -4,14** | -5,31** | -4,73** | -4,19** | -4,04** | -4,35** | -0,56 | -0,78 | | -1,14 | -0,6 | -0,65 |
| 3D/PS/EI | -5,19** | -6,58** | -5,91** | -1,89 | -3,4** | -2,44* | -2,85** | -4** | -3,43** | -2,93** | -2,77** | -3,07** | 0,57 | 0,39 | 1,14 | | 0,51 | 0,47 |
| 3D/PS/VIG | -5,73** | -7,12** | -6,46** | -2,41* | -3,94** | -2,96** | -3,37** | -4,52** | -3,95** | -3,44** | -3,29** | -3,59** | 0,05 | -0,14 | 0,6 | -0,51 | | -0,05 |
| 3D/PS/VIIV | -5,71** | -7,1** | -6,44** | -2,38* | -3,91** | -2,93** | -3,34** | -4,49** | -3,92** | -3,41** | -3,25** | -3,56** | 0,1 | -0,09 | 0,65 | -0,47 | 0,05 | |

* p<0,05 ** p<0,01

Ruum:

- 2D – kahemõtmeline
- 3D – kolmemõtmeline

Värvus:

- MO – akromaatileine: must ja hall
- RK – kromaatileine 1: roheline ja kollane
- PS – kromaatileine 2: punane ja sinine

Vead:

- EI – vigu pole
- VIG – toimimisvead
- VIIV – viivitusvead

Lisa 7. T-väärtused ja statistiliselt olulised erinevused hinnanguskaalal juhitamatu-kontrollitav võrreldes kõiki veebirakenduse klipikombinatsioone omavahel

| | 2D MO EI | 2D MO VIG | 2D MO VIIV | 2D RK EI | 2D RK VIG | 2D RK VIIV | 2D PS EI | 2D PS VIG | 2D PS VIIV | 3D MO EI | 3D MO VIG | 3D MO VIIV | 3D RK EI | 3D RK VIG | 3D RK VIIV | 3D PS EI | 3D PS VIG | 3D PS VIIV |
|------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|
| 2D/MO/EI | | 3,65** | 1,78 | 0,5 | 5,14** | 0,8 | 0,39 | 3,56** | 1,59 | 0,96 | 3,7** | 3,29** | 0,48 | 4,5** | 2,44* | 0,91 | 4,24** | 2,12* |
| 2D/MO/VIG | -3,65** | | -1,91 | -3,24** | 1,33 | -2,79** | -3,33** | -0,08 | -1,97* | -2,69** | -0,07 | -0,5 | -3,23** | 0,73 | -1,21 | -2,83** | 0,48 | -1,53 |
| 2D/MO/VIIV | -1,78 | 1,91 | | -1,33 | 3,34** | -0,94 | -1,42 | 1,82 | -0,13 | -0,81 | 1,9 | 1,48 | -1,33 | 2,71** | 0,69 | -0,9 | 2,45* | 0,36 |
| 2D/RK/EI | -0,5 | 3,24** | 1,33 | | 4,76** | 0,34 | -0,1 | 3,15** | 1,14 | 0,49 | 3,29** | 2,86** | -0,01 | 4,1** | 2,01* | 0,43 | 3,84** | 1,67 |
| 2D/RK/VIG | -5,14** | -1,33 | -3,34** | -4,76** | | -4,22** | -4,84** | -1,41 | -3,35** | -4,14** | -1,45 | -1,91 | -4,73** | -0,62 | -2,59* | -4,32** | -0,87 | -2,92** |
| 2D/RK/VIIV | -0,8 | 2,79** | 0,94 | -0,34 | 4,22** | | -0,43 | 2,7** | 0,78 | 0,14 | 2,81** | 2,4* | -0,34 | 3,59** | 1,6 | 0,08 | 3,34** | 1,28 |
| 2D/PS/EI | -0,39 | 3,33** | 1,42 | 0,1 | 4,84** | 0,43 | | 3,24** | 1,24 | 0,58 | 3,38** | 2,95** | 0,09 | 4,18** | 2,1* | 0,53 | 3,93** | 1,77 |
| 2D/PS/VIG | -3,56** | 0,08 | -1,82 | -3,15** | 1,41 | -2,7** | -3,24** | | -1,89 | -2,6** | 0,01 | -0,41 | -3,14** | 0,81 | -1,12 | -2,74** | 0,57 | -1,44 |
| 2D/PS/VIIV | -1,59 | 1,97* | 0,13 | -1,14 | 3,35** | -0,78 | -1,24 | 1,89 | | -0,65 | 1,97 | 1,56 | -1,15 | 2,74** | 0,79 | -0,74 | 2,5* | 0,48 |
| 3D/MO/EI | -0,96 | 2,69** | 0,81 | -0,49 | 4,14** | -0,14 | -0,58 | 2,6** | 0,65 | | 2,71** | 2,3* | -0,49 | 3,51** | 1,49 | -0,07 | 3,26** | 1,16 |
| 3D/MO/VIG | -3,7** | 0,07 | -1,9 | -3,29** | 1,45 | -2,81** | -3,38** | -0,01 | -1,97 | -2,71** | | -0,44 | -3,27** | 0,83 | -1,18 | -2,85** | 0,57 | -1,51 |
| 3D/MO/VIIV | -3,29** | 0,5 | -1,48 | -2,86** | 1,91 | -2,4* | -2,95** | 0,41 | -1,56 | -2,3* | 0,44 | | -2,85** | 1,28 | -0,75 | -2,43* | 1,02 | -1,09 |
| 3D/RK/EI | -0,48 | 3,23** | 1,33 | 0,01 | 4,73** | 0,34 | -0,09 | 3,14** | 1,15 | 0,49 | 3,27** | 2,85** | | 4,08** | 2* | 0,44 | 3,82** | 1,67 |
| 3D/RK/VIG | -4,5** | -0,73 | -2,71** | -4,1** | 0,62 | -3,59** | -4,18** | -0,81 | -2,74** | -3,51** | -0,83 | -1,28 | -4,08** | | -1,97* | -3,67** | -0,25 | -2,3* |
| 3D/RK/VIIV | -2,44* | 1,21 | -0,69 | -2,01* | 2,59* | -1,6 | -2,1* | 1,12 | -0,79 | -1,49 | 1,18 | 0,75 | -2* | 1,97* | | -1,59 | 1,73 | -0,32 |
| 3D/PS/EI | -0,91 | 2,83** | 0,9 | -0,43 | 4,32** | -0,08 | -0,53 | 2,74** | 0,74 | 0,07 | 2,85** | 2,43* | -0,44 | 3,67** | 1,59 | | 3,41** | 1,26 |
| 3D/PS/VIG | -4,24** | -0,48 | -2,45* | -3,84** | 0,87 | -3,34** | -3,93** | -0,57 | -2,5* | -3,26** | -0,57 | -1,02 | -3,82** | 0,25 | -1,73 | -3,41** | | -2,06* |
| 3D/PS/VIIV | -2,12* | 1,53 | -0,36 | -1,67 | 2,92** | -1,28 | -1,77 | 1,44 | -0,48 | -1,16 | 1,51 | 1,09 | -1,67 | 2,3* | 0,32 | -1,26 | 2,06* | |

* p<0,05 ** p<0,01

Ruum:

2D – kahemõtmeline
3D – kolmemõtmeline

Värvus:

MO – akromaatileine: must ja hall
RK – kromaatileine 1: roheline ja kollane
PS – kromaatileine 2: punane ja sinine

Vead:

EI – vigu pole
VIG – toimimisvead
VIIV – viivitusvead

Lisa 8. T-väärtused ja statistiliselt olulised erinevused hinnanguskaalal keerukas-lihtne võrreldes kõiki veebirakenduse klipikombinatsioone omavahel

| | 2D MO EI | 2D MO VIG | 2D MO VIIV | 2D RK EI | 2D RK VIG | 2D RK VIIV | 2D PS EI | 2D PS VIG | 2D PS VIIV | 3D MO EI | 3D MO VIG | 3D MO VIIV | 3D RK EI | 3D RK VIG | 3D RK VIIV | 3D PS EI | 3D PS VIG | 3D PS VIIV |
|------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|
| 2D/MO/EI | | 1,77 | 1,03 | -0,37 | 1,92 | 0,12 | -0,5 | 1,99* | 0,22 | 0,75 | 3,01** | 2,18* | 0,72 | 2,76** | 1,63 | 0,57 | 2,87** | 0,97 |
| 2D/MO/VIG | -1,77 | | -0,72 | -2,14* | 0,17 | -1,61 | -2,31* | 0,26 | -1,51 | -0,97 | 1,23 | 0,43 | -1,02 | 0,96 | -0,13 | -1,16 | 1,06 | -0,78 |
| 2D/MO/VIIV | -1,03 | 0,72 | | -1,41 | 0,88 | -0,89 | -1,56 | 0,97 | -0,79 | -0,26 | 1,95 | 1,15 | -0,3 | 1,69 | 0,59 | -0,44 | 1,8 | -0,06 |
| 2D/RK/EI | 0,37 | 2,14* | 1,41 | | 2,29* | 0,49 | -0,13 | 2,36* | 0,58 | 1,12 | 3,39** | 2,56* | 1,09 | 3,16** | 2* | 0,93 | 3,26** | 1,34 |
| 2D/RK/VIG | -1,92 | -0,17 | -0,88 | -2,29* | | -1,76 | -2,46* | 0,1 | -1,66 | -1,12 | 1,06 | 0,27 | -1,18 | 0,78 | -0,3 | -1,31 | 0,89 | -0,94 |
| 2D/RK/VIIV | -0,12 | 1,61 | 0,89 | -0,49 | 1,76 | | -0,62 | 1,84 | 0,09 | 0,62 | 2,83** | 2,03* | 0,59 | 2,59* | 1,48 | 0,44 | 2,69** | 0,83 |
| 2D/PS/EI | 0,5 | 2,31* | 1,56 | 0,13 | 2,46* | 0,62 | | 2,53* | 0,71 | 1,26 | 3,58** | 2,73** | 1,24 | 3,34** | 2,17* | 1,07 | 3,45** | 1,49 |
| 2D/PS/VIG | -1,99* | -0,26 | -0,97 | -2,36* | -0,1 | -1,84 | -2,53* | | -1,73 | -1,21 | 0,95 | 0,17 | -1,26 | 0,67 | -0,39 | -1,39 | 0,78 | -1,03 |
| 2D/PS/VIIV | -0,22 | 1,51 | 0,79 | -0,58 | 1,66 | -0,09 | -0,71 | 1,73 | | 0,52 | 2,72** | 1,92 | 0,49 | 2,47* | 1,37 | 0,34 | 2,57* | 0,73 |
| 3D/MO/EI | -0,75 | 0,97 | 0,26 | -1,12 | 1,12 | -0,62 | -1,26 | 1,21 | -0,52 | | 2,18* | 1,38 | -0,04 | 1,93 | 0,84 | -0,18 | 2,03* | 0,19 |
| 3D/MO/VIG | -3,01** | -1,23 | -1,95 | -3,39** | -1,06 | -2,83** | -3,58** | -0,95 | -2,72** | -2,18* | | -0,79 | -2,25* | -0,29 | -1,36 | -2,37* | -0,19 | -2,01* |
| 3D/MO/VIIV | -2,18* | -0,43 | -1,15 | -2,56* | -0,27 | -2,03* | -2,73** | -0,17 | -1,92 | -1,38 | 0,79 | | -1,44 | 0,51 | -0,56 | -1,57 | 0,61 | -1,21 |
| 3D/RK/EI | -0,72 | 1,02 | 0,3 | -1,09 | 1,18 | -0,59 | -1,24 | 1,26 | -0,49 | 0,04 | 2,25* | 1,44 | | 1,99* | 0,89 | -0,14 | 2,1* | 0,24 |
| 3D/RK/VIG | -2,76** | -0,96 | -1,69 | -3,16** | -0,78 | -2,59* | -3,34** | -0,67 | -2,47* | -1,93 | 0,29 | -0,51 | -1,99* | | -1,09 | -2,12* | 0,11 | -1,75 |
| 3D/RK/VIIV | -1,63 | 0,13 | -0,59 | -2* | 0,3 | -1,48 | -2,17* | 0,39 | -1,37 | -0,84 | 1,36 | 0,56 | -0,89 | 1,09 | | -1,02 | 1,19 | -0,65 |
| 3D/PS/EI | -0,57 | 1,16 | 0,44 | -0,93 | 1,31 | -0,44 | -1,07 | 1,39 | -0,34 | 0,18 | 2,37* | 1,57 | 0,14 | 2,12* | 1,02 | | 2,22* | 0,38 |
| 3D/PS/VIG | -2,87** | -1,06 | -1,8 | -3,26** | -0,89 | -2,69** | -3,45** | -0,78 | -2,57* | -2,03* | 0,19 | -0,61 | -2,1* | -0,11 | -1,19 | -2,22* | | -1,85 |
| 3D/PS/VIIV | -0,97 | 0,78 | 0,06 | -1,34 | 0,94 | -0,83 | -1,49 | 1,03 | -0,73 | -0,19 | 2,01* | 1,21 | -0,24 | 1,75 | 0,65 | -0,38 | 1,85 | |

* p<0,05 ** p<0,01

Ruum:

2D – kahemõtmeline

3D – kolmemõtmeline

Värvus:

MO – akromaatilne: must ja hall

RK – kromaatilne 1: roheline ja kollane

PS – kromaatilne 2: punane ja sinine

Vead:

EI – vigu pole

VIG – toimimisvead

VIIV – viivitusvead

Lisa 9. T-väärtused ja statistiliselt olulised erinevused hinnanguskaalal kohmakas-suunatav võrreldes kõiki veebirakenduse klipikombinatsioone omavahel

| | 2D MO EI | 2D MO VIG | 2D MO VIIV | 2D RK EI | 2D RK VIG | 2D RK VIIV | 2D PS EI | 2D PS VIG | 2D PS VIIV | 3D MO EI | 3D MO VIG | 3D MO VIIV | 3D RK EI | 3D RK VIG | 3D RK VIIV | 3D PS EI | 3D PS VIG | 3D PS VIIV |
|------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|
| 2D/MO/EI | | 3,89** | 1,8 | 0,29 | 3,94** | 1,17 | 0,69 | 3,61** | 2,16* | 0,22 | 3,69** | 2,32* | 0,79 | 4,35** | 2,1* | 1,28 | 4,1** | 2,24* |
| 2D/MO/VIG | -3,89** | | -2,15* | -3,7** | -0,12 | -2,65** | -3,25** | -0,39 | -1,77 | -3,66** | -0,32 | -1,64 | -3,08** | 0,36 | -1,9 | -2,68** | 0,08 | -1,75 |
| 2D/MO/VIIV | -1,8 | 2,15* | | -1,56 | 2,13* | -0,58 | -1,12 | 1,82 | 0,37 | -1,57 | 1,9 | 0,52 | -0,99 | 2,58* | 0,28 | -0,53 | 2,31* | 0,43 |
| 2D/RK/EI | -0,29 | 3,7** | 1,56 | | 3,75** | 0,92 | 0,42 | 3,42** | 1,93 | -0,06 | 3,5** | 2,09* | 0,53 | 4,17** | 1,86 | 1,02 | 3,91** | 2* |
| 2D/RK/VIG | -3,94** | 0,12 | -2,13* | -3,75** | | -2,64** | -3,27** | -0,28 | -1,74 | -3,7** | -0,21 | -1,6 | -3,09** | 0,5 | -1,87 | -2,69** | 0,2 | -1,71 |
| 2D/RK/VIIV | -1,17 | 2,65** | 0,58 | -0,92 | 2,64** | | -0,51 | 2,34* | 0,93 | -0,96 | 2,41* | 1,08 | -0,39 | 3,07** | 0,85 | 0,06 | 2,81** | 0,99 |
| 2D/PS/EI | -0,69 | 3,25** | 1,12 | -0,42 | 3,27** | 0,51 | | 2,95** | 1,49 | -0,47 | 3,03** | 1,65 | 0,12 | 3,7** | 1,42 | 0,6 | 3,44** | 1,56 |
| 2D/PS/VIG | -3,61** | 0,39 | -1,82 | -3,42** | 0,28 | -2,34* | -2,95** | | -1,44 | -3,38** | 0,07 | -1,3 | -2,78** | 0,77 | -1,56 | -2,37* | 0,48 | -1,41 |
| 2D/PS/VIIV | -2,16* | 1,77 | -0,37 | -1,93 | 1,74 | -0,93 | -1,49 | 1,44 | | -1,93 | 1,51 | 0,15 | -1,35 | 2,19* | -0,1 | -0,91 | 1,92 | 0,05 |
| 3D/MO/EI | -0,22 | 3,66** | 1,57 | 0,06 | 3,7** | 0,96 | 0,47 | 3,38** | 1,93 | | 3,45** | 2,09* | 0,57 | 4,11** | 1,87 | 1,06 | 3,86** | 2,01* |
| 3D/MO/VIG | -3,69** | 0,32 | -1,9 | -3,5** | 0,21 | -2,41* | -3,03** | -0,07 | -1,51 | -3,45** | | -1,37 | -2,86** | 0,7 | -1,63 | -2,45* | 0,41 | -1,48 |
| 3D/MO/VIIV | -2,32* | 1,64 | -0,52 | -2,09* | 1,6 | -1,08 | -1,65 | 1,3 | -0,15 | -2,09* | 1,37 | | -1,5 | 2,06* | -0,25 | -1,06 | 1,78 | -0,1 |
| 3D/RK/EI | -0,79 | 3,08** | 0,99 | -0,53 | 3,09** | 0,39 | -0,12 | 2,78** | 1,35 | -0,57 | 2,86** | 1,5 | | 3,52** | 1,27 | 0,47 | 3,26** | 1,41 |
| 3D/RK/VIG | -4,35** | -0,36 | -2,58* | -4,17** | -0,5 | -3,07** | -3,7** | -0,77 | -2,19* | -4,11** | -0,7 | -2,06* | -3,52** | | -2,32* | -3,13** | -0,3 | -2,17* |
| 3D/RK/VIIV | -2,1* | 1,9 | -0,28 | -1,86 | 1,87 | -0,85 | -1,42 | 1,56 | 0,1 | -1,87 | 1,63 | 0,25 | -1,27 | 2,32* | | -0,82 | 2,05* | 0,15 |
| 3D/PS/EI | -1,28 | 2,68** | 0,53 | -1,02 | 2,69** | -0,06 | -0,6 | 2,37* | 0,91 | -1,06 | 2,45* | 1,06 | -0,47 | 3,13** | 0,82 | | 2,86** | 0,97 |
| 3D/PS/VIG | -4,1** | -0,08 | -2,31* | -3,91** | -0,2 | -2,81** | -3,44** | -0,48 | -1,92 | -3,86** | -0,41 | -1,78 | -3,26** | 0,3 | -2,05* | -2,86** | | -1,9 |
| 3D/PS/VIIV | -2,24* | 1,75 | -0,43 | -2* | 1,71 | -0,99 | -1,56 | 1,41 | -0,05 | -2,01* | 1,48 | 0,1 | -1,41 | 2,17* | -0,15 | -0,97 | 1,9 | |

* p<0,05 ** p<0,01

Ruum:

2D – kahemõõtmeline
3D – kolmemõõtmeline

Värvus:

MO – akromaatiline: must ja hall
RK – kromaatiline 1: roheline ja kollane
PS – kromaatiline 2: punane ja sinine

Vead:

EI – vigu pole
VIG – toimumisvead
VIIV – viivitusvead

Lisa 10. T-väärtused ja statistiliselt olulised erinevused hinnanguskaalal mitteennustatav–etteennustatav võrreldes kõiki veebirakenduse klipikombinatsioone omavahel

| | 2D MO EI | 2D MO VIG | 2D MO VIIV | 2D RK EI | 2D RK VIG | 2D RK VIIV | 2D PS EI | 2D PS VIG | 2D PS VIIV | 3D MO EI | 3D MO VIG | 3D MO VIIV | 3D RK EI | 3D RK VIG | 3D RK VIIV | 3D PS EI | 3D PS VIG | 3D PS VIIV |
|------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|
| 2D/MO/EI | | 2,1* | 1,54 | 0,49 | 2,11* | -0,39 | -0,88 | 1,61 | 0,46 | 0,92 | 1,73 | 1,25 | -0,06 | 1,57 | 1,34 | -0,03 | 1,79 | 0,96 |
| 2D/MO/VIG | -2,1* | | -0,52 | -1,57 | 0,02 | -2,46* | -3,02** | -0,41 | -1,6 | -1,12 | -0,33 | -0,87 | -2,14* | -0,48 | -0,74 | -2,14* | -0,34 | -1,1 |
| 2D/MO/VIIV | -1,54 | 0,52 | | -1,03 | 0,53 | -1,89 | -2,42* | 0,1 | -1,06 | -0,6 | 0,18 | -0,33 | -1,57 | 0,03 | -0,21 | -1,57 | 0,19 | -0,57 |
| 2D/RK/EI | -0,49 | 1,57 | 1,03 | | 1,57 | -0,86 | -1,36 | 1,11 | -0,03 | 0,43 | 1,21 | 0,73 | -0,54 | 1,06 | 0,83 | -0,52 | 1,25 | 0,46 |
| 2D/RK/VIG | -2,11* | -0,02 | -0,53 | -1,57 | | -2,45* | -3,02** | -0,42 | -1,61 | -1,13 | -0,35 | -0,87 | -2,14* | -0,49 | -0,75 | -2,14* | -0,36 | -1,11 |
| 2D/RK/VIIV | 0,39 | 2,46* | 1,89 | 0,86 | 2,45* | | -0,47 | 1,96 | 0,83 | 1,28 | 2,08* | 1,61 | 0,33 | 1,92 | 1,7 | 0,36 | 2,15* | 1,33 |
| 2D/PS/EI | 0,88 | 3,02** | 2,42* | 1,36 | 3,02** | 0,47 | | 2,48* | 1,33 | 1,79 | 2,62** | 2,15* | 0,81 | 2,45* | 2,23* | 0,85 | 2,71** | 1,85 |
| 2D/PS/VIG | -1,61 | 0,41 | -0,1 | -1,11 | 0,42 | -1,96 | -2,48* | | -1,14 | -0,68 | 0,08 | -0,42 | -1,65 | -0,07 | -0,3 | -1,64 | 0,08 | -0,66 |
| 2D/PS/VIIV | -0,46 | 1,6 | 1,06 | 0,03 | 1,61 | -0,83 | -1,33 | 1,14 | | 0,46 | 1,25 | 0,76 | -0,51 | 1,09 | 0,86 | -0,49 | 1,29 | 0,5 |
| 3D/MO/EI | -0,92 | 1,12 | 0,6 | -0,43 | 1,13 | -1,28 | -1,79 | 0,68 | -0,46 | | 0,78 | 0,29 | -0,97 | 0,63 | 0,4 | -0,95 | 0,81 | 0,03 |
| 3D/MO/VIG | -1,73 | 0,33 | -0,18 | -1,21 | 0,35 | -2,08* | -2,62** | -0,08 | -1,25 | -0,78 | | -0,51 | -1,76 | -0,15 | -0,39 | -1,76 | 0 | -0,75 |
| 3D/MO/VIIV | -1,25 | 0,87 | 0,33 | -0,73 | 0,87 | -1,61 | -2,15* | 0,42 | -0,76 | -0,29 | 0,51 | | -1,29 | 0,36 | 0,12 | -1,28 | 0,53 | -0,26 |
| 3D/RK/EI | 0,06 | 2,14* | 1,57 | 0,54 | 2,14* | -0,33 | -0,81 | 1,65 | 0,51 | 0,97 | 1,76 | 1,29 | | 1,6 | 1,38 | 0,03 | 1,82 | 1,01 |
| 3D/RK/VIG | -1,57 | 0,48 | -0,03 | -1,06 | 0,49 | -1,92 | -2,45* | 0,07 | -1,09 | -0,63 | 0,15 | -0,36 | -1,6 | | -0,24 | -1,6 | 0,16 | -0,6 |
| 3D/RK/VIIV | -1,34 | 0,74 | 0,21 | -0,83 | 0,75 | -1,7 | -2,23* | 0,3 | -0,86 | -0,4 | 0,39 | -0,12 | -1,38 | 0,24 | | -1,37 | 0,41 | -0,37 |
| 3D/PS/EI | 0,03 | 2,14* | 1,57 | 0,52 | 2,14* | -0,36 | -0,85 | 1,64 | 0,49 | 0,95 | 1,76 | 1,28 | -0,03 | 1,6 | 1,37 | | 1,82 | 1 |
| 3D/PS/VIG | -1,79 | 0,34 | -0,19 | -1,25 | 0,36 | -2,15* | -2,71** | -0,08 | -1,29 | -0,81 | 0 | -0,53 | -1,82 | -0,16 | -0,41 | -1,82 | | -0,78 |
| 3D/PS/VIIV | -0,96 | 1,1 | 0,57 | -0,46 | 1,11 | -1,33 | -1,85 | 0,66 | -0,5 | -0,03 | 0,75 | 0,26 | -1,01 | 0,6 | 0,37 | -1 | 0,78 | |

* p<0,05 ** p<0,01

Ruum:

2D – kahemõtmeline

3D – kolmemõtmeline

Värvus:

MO – akromaatileine: must ja hall

RK – kromaatileine 1: roheline ja kollane

PS – kromaatileine 2: punane ja sinine

Vead:

EI – vigu pole

VIG – toimimisvead

VIIV – viivitusvead

Lisa 11. T-väärtused ja statistiliselt olulised erinevused hinnanguskaalal tehniline-inimlik võrreldes kõiki veebirakenduse klipikombinatsioone omavahel

| | 2D MO EI | 2D MO VIG | 2D MO VIIV | 2D RK EI | 2D RK VIG | 2D RK VIIV | 2D PS EI | 2D PS VIG | 2D PS VIIV | 3D MO EI | 3D MO VIG | 3D MO VIIV | 3D RK EI | 3D RK VIG | 3D RK VIIV | 3D PS EI | 3D PS VIG | 3D PS VIIV |
|------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|
| 2D/MO/EI | | 1,87 | 1,54 | 0,42 | 1,2 | 0,66 | 0,1 | 0,46 | 1,02 | -0,55 | 0,24 | -0,11 | -0,99 | 0,3 | -0,37 | -0,55 | 0,12 | -0,61 |
| 2D/MO/VIG | -1,87 | | -0,38 | -1,47 | -0,74 | -1,22 | -1,8 | -1,42 | -0,85 | -2,43* | -1,66 | -1,98* | -2,9** | -1,53 | -2,24* | -2,4* | -1,8 | -2,44* |
| 2D/MO/VIIV | -1,54 | 0,38 | | -1,12 | -0,36 | -0,86 | -1,46 | -1,07 | -0,49 | -2,1* | -1,31 | -1,65 | -2,58* | -1,2 | -1,91 | -2,08* | -1,45 | -2,12* |
| 2D/RK/EI | -0,42 | 1,47 | 1,12 | | 0,78 | 0,25 | -0,32 | 0,04 | 0,61 | -0,98 | -0,18 | -0,53 | -1,43 | -0,11 | -0,79 | -0,97 | -0,31 | -1,03 |
| 2D/RK/VIG | -1,2 | 0,74 | 0,36 | -0,78 | | -0,52 | -1,11 | -0,73 | -0,15 | -1,77 | -0,97 | -1,31 | -2,25* | -0,87 | -1,58 | -1,75 | -1,11 | -1,8 |
| 2D/RK/VIIV | -0,66 | 1,22 | 0,86 | -0,25 | 0,52 | | -0,57 | -0,21 | 0,36 | -1,22 | -0,43 | -0,78 | -1,67 | -0,35 | -1,03 | -1,21 | -0,56 | -1,26 |
| 2D/PS/EI | -0,1 | 1,8 | 1,46 | 0,32 | 1,11 | 0,57 | | 0,36 | 0,93 | -0,66 | 0,14 | -0,21 | -1,11 | 0,2 | -0,47 | -0,66 | 0,02 | -0,72 |
| 2D/PS/VIG | -0,46 | 1,42 | 1,07 | -0,04 | 0,73 | 0,21 | -0,36 | | 0,56 | -1,01 | -0,22 | -0,57 | -1,46 | -0,15 | -0,82 | -1 | -0,35 | -1,06 |
| 2D/PS/VIIV | -1,02 | 0,85 | 0,49 | -0,61 | 0,15 | -0,36 | -0,93 | -0,56 | | -1,57 | -0,79 | -1,13 | -2,02* | -0,7 | -1,38 | -1,56 | -0,92 | -1,6 |
| 3D/MO/EI | 0,55 | 2,43* | 2,1* | 0,98 | 1,77 | 1,22 | 0,66 | 1,01 | 1,57 | | 0,8 | 0,44 | -0,44 | 0,83 | 0,18 | -0,01 | 0,68 | -0,08 |
| 3D/MO/VIG | -0,24 | 1,66 | 1,31 | 0,18 | 0,97 | 0,43 | -0,14 | 0,22 | 0,79 | -0,8 | | -0,35 | -1,25 | 0,06 | -0,61 | -0,8 | -0,13 | -0,85 |
| 3D/MO/VIIV | 0,11 | 1,98* | 1,65 | 0,53 | 1,31 | 0,78 | 0,21 | 0,57 | 1,13 | -0,44 | 0,35 | | -0,88 | 0,4 | -0,26 | -0,44 | 0,23 | -0,5 |
| 3D/RK/EI | 0,99 | 2,9** | 2,58* | 1,43 | 2,25* | 1,67 | 1,11 | 1,46 | 2,02* | 0,44 | 1,25 | 0,88 | | 1,27 | 0,62 | 0,42 | 1,13 | 0,35 |
| 3D/RK/VIG | -0,3 | 1,53 | 1,2 | 0,11 | 0,87 | 0,35 | -0,2 | 0,15 | 0,7 | -0,83 | -0,06 | -0,4 | -1,27 | | -0,66 | -0,83 | -0,19 | -0,89 |
| 3D/RK/VIIV | 0,37 | 2,24* | 1,91 | 0,79 | 1,58 | 1,03 | 0,47 | 0,82 | 1,38 | -0,18 | 0,61 | 0,26 | -0,62 | 0,66 | | -0,19 | 0,49 | -0,25 |
| 3D/PS/EI | 0,55 | 2,4* | 2,08* | 0,97 | 1,75 | 1,21 | 0,66 | 1 | 1,56 | 0,01 | 0,8 | 0,44 | -0,42 | 0,83 | 0,19 | | 0,68 | -0,07 |
| 3D/PS/VIG | -0,12 | 1,8 | 1,45 | 0,31 | 1,11 | 0,56 | -0,02 | 0,35 | 0,92 | -0,68 | 0,13 | -0,23 | -1,13 | 0,19 | -0,49 | -0,68 | | -0,74 |
| 3D/PS/VIIV | 0,61 | 2,44* | 2,12* | 1,03 | 1,8 | 1,26 | 0,72 | 1,06 | 1,6 | 0,08 | 0,85 | 0,5 | -0,35 | 0,89 | 0,25 | 0,07 | 0,74 | |

* p<0,05 ** p<0,01

Ruum:

2D – kahemõõtmeline

3D – kolmemõõtmeline

Värvus:

MO – akromaatileine: must ja hall

RK – kromaatileine 1: roheline ja kollane

PS – kromaatileine 2: punane ja sinine

Vead:

EI – vigu pole

VIG – toimimisvead

VIIV – viivitusvead

Lisa 12. T-väärtused ja statistiliselt olulised erinevused kasutatavuse üldskaalal võrreldes kõiki veebirakenduse klipikombinatsioone omavahel

| | 2D MO EI | 2D MO VIG | 2D MO VIIV | 2D RK EI | 2D RK VIG | 2D RK VIIV | 2D PS EI | 2D PS VIG | 2D PS VIIV | 3D MO EI | 3D MO VIG | 3D MO VIIV | 3D RK EI | 3D RK VIG | 3D RK VIIV | 3D PS EI | 3D PS VIG | 3D PS VIIV |
|------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|
| 2D/MO/EI | | 6,54** | 3,89** | 0,96 | 6,88** | 1,4 | 0,27 | 5,79** | 2,73** | 1,33 | 5,9** | 4,19** | 0,48 | 6,28** | 3,45** | 0,83 | 5,84** | 2,61** |
| 2D/MO/VIG | -6,54** | | -2,67** | -5,54** | 0,21 | -4,99** | -6,31** | -0,73 | -3,7** | -5,13** | -0,76 | -2,41* | -5,99** | -0,34 | -3,09** | -5,72** | -0,86 | -3,86** |
| 2D/MO/VIIV | -3,89** | 2,67** | | -2,91** | 2,94** | -2,4* | -3,65** | 1,93 | -1,08 | -2,51* | 1,96 | 0,27 | -3,37** | 2,36* | -0,43 | -3,06** | 1,87 | -1,23 |
| 2D/RK/EI | -0,96 | 5,54** | 2,91** | | 5,86** | 0,46 | -0,7 | 4,8** | 1,77 | 0,38 | 4,89** | 3,19** | -0,47 | 5,27** | 2,47* | -0,13 | 4,82** | 1,65 |
| 2D/RK/VIG | -6,88** | -0,21 | -2,94** | -5,86** | | -5,29** | -6,65** | -0,96 | -3,97** | -5,44** | -0,99 | -2,68** | -6,32** | -0,56 | -3,36** | -6,04** | -1,1 | -4,15** |
| 2D/RK/VIIV | -1,4 | 4,99** | 2,4* | -0,46 | 5,29** | | -1,15 | 4,27** | 1,29 | -0,08 | 4,34** | 2,68** | -0,92 | 4,72** | 1,97* | -0,59 | 4,27** | 1,17 |
| 2D/PS/EI | -0,27 | 6,31** | 3,65** | 0,7 | 6,65** | 1,15 | | 5,56** | 2,48* | 1,07 | 5,66** | 3,94** | 0,22 | 6,05** | 3,2** | 0,57 | 5,6** | 2,36* |
| 2D/PS/VIG | -5,79** | 0,73 | -1,93 | -4,8** | 0,96 | -4,27** | -5,56** | | -2,97** | -4,4** | -0,01 | -1,67 | -5,26** | 0,4 | -2,35* | -4,97** | -0,11 | -3,13** |
| 2D/PS/VIIV | -2,73** | 3,7** | 1,08 | -1,77 | 3,97** | -1,29 | -2,48* | 2,97** | | -1,39 | 3,01** | 1,36 | -2,23* | 3,41** | 0,66 | -1,92 | 2,94** | -0,14 |
| 3D/MO/EI | -1,33 | 5,13** | 2,51* | -0,38 | 5,44** | 0,08 | -1,07 | 4,4** | 1,39 | | 4,47** | 2,79** | -0,84 | 4,86** | 2,08* | -0,51 | 4,41** | 1,26 |
| 3D/MO/VIG | -5,9** | 0,76 | -1,96 | -4,89** | 0,99 | -4,34** | -5,66** | 0,01 | -3,01** | -4,47** | | -1,69 | -5,35** | 0,42 | -2,39* | -5,06** | -0,1 | -3,18** |
| 3D/MO/VIIV | -4,19** | 2,41* | -0,27 | -3,19** | 2,68** | -2,68** | -3,94** | 1,67 | -1,36 | -2,79** | 1,69 | | -3,66** | 2,1* | -0,71 | -3,35** | 1,61 | -1,51 |
| 3D/RK/EI | -0,48 | 5,99** | 3,37** | 0,47 | 6,32** | 0,92 | -0,22 | 5,26** | 2,23* | 0,84 | 5,35** | 3,66** | | 5,73** | 2,93** | 0,34 | 5,29** | 2,11* |
| 3D/RK/VIG | -6,28** | 0,34 | -2,36* | -5,27** | 0,56 | -4,72** | -6,05** | -0,4 | -3,41** | -4,86** | -0,42 | -2,1* | -5,73** | | -2,79** | -5,45** | -0,52 | -3,57** |
| 3D/RK/VIIV | -3,45** | 3,09** | 0,43 | -2,47* | 3,36** | -1,97* | -3,2** | 2,35* | -0,66 | -2,08* | 2,39* | 0,71 | -2,93** | 2,79** | | -2,62** | 2,31* | -0,8 |
| 3D/PS/EI | -0,83 | 5,72** | 3,06** | 0,13 | 6,04** | 0,59 | -0,57 | 4,97** | 1,92 | 0,51 | 5,06** | 3,35** | -0,34 | 5,45** | 2,62** | | 5** | 1,79 |
| 3D/PS/VIG | -5,84** | 0,86 | -1,87 | -4,82** | 1,1 | -4,27** | -5,6** | 0,11 | -2,94** | -4,41** | 0,1 | -1,61 | -5,29** | 0,52 | -2,31* | -5** | | -3,11** |
| 3D/PS/VIIV | -2,61** | 3,86** | 1,23 | -1,65 | 4,15** | -1,17 | -2,36* | 3,13** | 0,14 | -1,26 | 3,18** | 1,51 | -2,11* | 3,57** | 0,8 | -1,79 | 3,11** | |

* p<0,05 ** p<0,01

Ruum:

2D – kahemõtmeline
3D – kolmemõtmeline

Värvus:

MO – akromaatiline: must ja hall
RK – kromaatiline 1: roheline ja kollane
PS – kromaatiline 2: punane ja sinine

Vead:

EI – vigu pole
VIG – toimimisvead
VIIV – viivitusvead

Lisa 13. T-väärtused ja statistiliselt olulised erinevused esteetilisuse üldskaalal võrreldes kõiki veebirakenduse klipikombinatsioone omavahel

| | 2D MO EI | 2D MO VIG | 2D MO VIIV | 2D RK EI | 2D RK VIG | 2D RK VIIV | 2D PS EI | 2D PS VIG | 2D PS VIIV | 3D MO EI | 3D MO VIG | 3D MO VIIV | 3D RK EI | 3D RK VIG | 3D RK VIIV | 3D PS EI | 3D PS VIG | 3D PS VIIV |
|------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|
| 2D/MO/EI | | -2,8** | -1,53 | 2,73** | 0,42 | 1,59 | 2,21* | -0,29 | 0,67 | 2,21* | 1,13 | 0,88 | 4,5** | 3,55** | 5,13** | 4,35** | 3,66** | 4,85** |
| 2D/MO/VIG | 2,8** | | 1,35 | 5,61** | 3,29** | 4,38** | 5,1** | 2,44* | 3,47** | 5,04** | 3,93** | 3,67** | 7,33** | 6,4** | 8** | 7,2** | 6,45** | 7,68** |
| 2D/MO/VIIV | 1,53 | -1,35 | | 4,39** | 2,01* | 3,16** | 3,86** | 1,2 | 2,22* | 3,82** | 2,7** | 2,43* | 6,17** | 5,21** | 6,85** | 6,04** | 5,29** | 6,53** |
| 2D/RK/EI | -2,73** | -5,61** | -4,39** | | -2,36* | -1,08 | -0,53 | -2,95** | -2,03* | -0,48 | -1,57 | -1,81 | 1,87 | 0,88 | 2,48* | 1,71 | 1,04 | 2,24* |
| 2D/RK/VIG | -0,42 | -3,29** | -2,01* | 2,36* | | 1,21 | 1,83 | -0,7 | 0,27 | 1,83 | 0,74 | 0,48 | 4,17** | 3,2** | 4,81** | 4,03** | 3,32** | 4,54** |
| 2D/RK/VIIV | -1,59 | -4,38** | -3,16** | 1,08 | -1,21 | | 0,56 | -1,84 | -0,92 | 0,59 | -0,47 | -0,71 | 2,87** | 1,91 | 3,47** | 2,72** | 2,05* | 3,22** |
| 2D/PS/EI | -2,21* | -5,1** | -3,86** | 0,53 | -1,83 | -0,56 | | -2,45* | -1,52 | 0,03 | -1,05 | -1,3 | 2,39* | 1,4 | 3,01** | 2,23* | 1,55 | 2,75** |
| 2D/PS/VIG | 0,29 | -2,44* | -1,2 | 2,95** | 0,7 | 1,84 | 2,45* | | 0,94 | 2,44* | 1,39 | 1,15 | 4,68** | 3,75** | 5,3** | 4,54** | 3,86** | 5,03** |
| 2D/PS/VIIV | -0,67 | -3,47** | -2,22* | 2,03* | -0,27 | 0,92 | 1,52 | -0,94 | | 1,52 | 0,45 | 0,21 | 3,81** | 2,86** | 4,43** | 3,66** | 2,98** | 4,17** |
| 3D/MO/EI | -2,21* | -5,04** | -3,82** | 0,48 | -1,83 | -0,59 | -0,03 | -2,44* | -1,52 | | -1,07 | -1,31 | 2,31* | 1,34 | 2,92** | 2,16* | 1,49 | 2,67** |
| 3D/MO/VIG | -1,13 | -3,93** | -2,7** | 1,57 | -0,74 | 0,47 | 1,05 | -1,39 | -0,45 | 1,07 | | -0,25 | 3,36** | 2,4* | 3,97** | 3,21** | 2,53* | 3,71** |
| 3D/MO/VIIV | -0,88 | -3,67** | -2,43* | 1,81 | -0,48 | 0,71 | 1,3 | -1,15 | -0,21 | 1,31 | 0,25 | | 3,6** | 2,64** | 4,21** | 3,45** | 2,77** | 3,95** |
| 3D/RK/EI | -4,5** | -7,33** | -6,17** | -1,87 | -4,17** | -2,87** | -2,39* | -4,68** | -3,81** | -2,31* | -3,36** | -3,6** | | -0,99 | 0,57 | -0,17 | -0,79 | 0,36 |
| 3D/RK/VIG | -3,55** | -6,4** | -5,21** | -0,88 | -3,2** | -1,91 | -1,4 | -3,75** | -2,86** | -1,34 | -2,4* | -2,64** | 0,99 | | 1,58 | 0,82 | 0,18 | 1,35 |
| 3D/RK/VIIV | -5,13** | -8** | -6,85** | -2,48* | -4,81** | -3,47** | -3,01** | -5,3** | -4,43** | -2,92** | -3,97** | -4,21** | -0,57 | -1,58 | | -0,75 | -1,37 | -0,21 |
| 3D/PS/EI | -4,35** | -7,2** | -6,04** | -1,71 | -4,03** | -2,72** | -2,23* | -4,54** | -3,66** | -2,16* | -3,21** | -3,45** | 0,17 | -0,82 | 0,75 | | -0,63 | 0,53 |
| 3D/PS/VIG | -3,66** | -6,45** | -5,29** | -1,04 | -3,32** | -2,05* | -1,55 | -3,86** | -2,98** | -1,49 | -2,53* | -2,77** | 0,79 | -0,18 | 1,37 | 0,63 | | 1,15 |
| 3D/PS/VIIV | -4,85** | -7,68** | -6,53** | -2,24* | -4,54** | -3,22** | -2,75** | -5,03** | -4,17** | -2,67** | -3,71** | -3,95** | -0,36 | -1,35 | 0,21 | -0,53 | -1,15 | |

* p<0,05 ** p<0,01

Ruum:

2D – kahemõõtmeline
3D – kolmemõõtmeline

Värvus:

MO – akromaatiline: must ja hall
RK – kromaatiline 1: roheline ja kollane
PS – kromaatiline 2: punane ja sinine

Vead:

EI – vigu pole
VIG – toimumisvead
VIIV – viivitusvead