

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS UN MATEMĀTIKAS FAKULTĀTE
OPTOMETRIJAS UN REDZES ZINĀTNES NODAĻA

DIVDIMENSIONĀLA STIMULA SLĪPUMA UZTVERE

MAGISTRA DARBS

Autors: **Signija Pore**

Studenta apliecības Nr. sp12043

Darba vadītājs: profesore, Dr.phys. Gunta Krūmiņa

RĪGA 2017

ANOTĀCIJA

Maģistra darbs uzrakstīts uz 32 lappusēm latviešu valodā. Tas satur 20 attēlus un 25 atsaucis uz izmantotajiem literatūras avotiem.

Darba mērķis bija novērtēt telpiskās uztveres precizitāti dažādu profesiju pārstāvjiem.

Pētījumā piedalījās 82 dalībnieki, no kuriem 34 bija Optometrijas un redzes zinātnes nodaļas bakalaura studenti, 18 maģistrantūras studenti, 15 Rīgas Tehniskās universitātes Arhitektūras un pilsētplānošanas studenti un 15 dalībnieki kontrolgrupā,

Pētījuma rezultāti parādīja, ka no visām grupām arhitekti visprecīzāk spēj novērtēt slīpumu. Atšķirības starp pārējām grupām bija nenoīmīgas.

Atslēgas vārdi: slīpuma uztvere, divdimensionāla plakne, binokulārā disparitāte, perspektīva

ABSTRACT

This master's degree thesis is written on 32 pages in Latvian language. It contains 20 pictures and 25 references.

The main goal of this thesis was to observe the accuracy of dimensional perception between representatives of different professions.

82 participants from which 34 are students of Optometry and Vision Science Bachelor's program and 18 Master's program, 15 students of Faculty of Architecture and Urban planning of Riga's Technical University and 15 subjects in the control group were involved in the research.

Research showed that students of Faculty of Architecture and Urban planning are able to estimate slant better than other participants. The difference between other participants was insignificant.

Key words: slant perception, two-dimensional surface, binocular disparity, perspective

SATURS

IEVADS	1
1.LITERATŪRAS PĀRSKATS	3
1.1. Stereoskopiskā slīpuma vispārīgs raksturojums	3
1.2. Stereoskopiskā slīpuma horizontālā un vertikālā uztvere	6
1.3. Stereoskopiskā slīpuma priekšplāna kolineārā un taisnleņķa uztvere	7
1.4. Stereoskopiskā slīpuma uztveres nozīme attēla veidošanā	9
2. PĒTĪJUMA DAĻA	11
2.1. Metodika	11
2.1.1. Dalībnieki	11
2.1.2. Stimuls	11
2.1.3. Eksperimenta gaita	11
2.2. Rezultāti	13
DISKUSIJA	30
SECINĀJUMI	33
NOBEIGUMS	34
PATEICĪBA	35
IZMANTOTĀ LITERATŪRA	36
PIELIKUMI	38
1. PIELIKUMS	38
2. PIELIKUMS	39

IEVADS

Slīpuma noteikšana notiek ik dienas, ejot pa ielu un vērojot namus, bruģi zem kājām vai arī esot uz kāda kalna, no kura jānokāpj lejā vai jāuzkāpj augšā. Cilvēkiem skatoties uz virsmu, kas ir divdimensionāla, ir jāuztver dažādas pazīmes, kas pārvērš divdimensionālu virsmu trīsdimensionālā attēlā uz tīklenes. Lai precīzi uztveru šo stimulu nepieciešamas prasmes, kas tiek attīstītas dzīves laikā un iegūtas ar pieredzi.

Cilvēki, kuriem ikdiena nav saistīta ar eksaktām zinātnēm, visdrīzāk neievēro vai nedomā par pieminētajām situācijām. Šādi dalībnieki tika pieaicināti piedalīties pētījumā, lai salīdzinātu, vai šāds cilvēks spēj noteikt slīpumu tikpat labi kā dalībnieki ar citu sagatavotības līmeni slīpumu noteikšanā.

Studenti, kuri studē optometriju izmanto leņķus savā ikdienā un ir izpratne par to lielumiem. Optometrista ikdiena ir saistīta ar astigmātisma korekciju un proves rāmi, kur tiem ir priekšstats par to, cik daudz būs 45° vai kāda cita vērtība. Tātad optometristiem ir saskarsme ar leņķiem plaknē.

Lai salīdzinātu, vai dažādi cilvēki vienādi spēj noteikt slīpumu dažādām virsmām, pētījumā piedalījās arī arhitekti. Galvenokārt, ikdienā strādājot ar programmām, kur jāapstrādā virtuāli objekti, tika izdarīts pieņēmums, ka šie dalībnieki veiksmīgāk spēs novērtēt slīpumu. Šiem dalībniekiem savukārt, ir telpiskā izpratne par slīpumiem un perspektīvu.

Iepriekš šāda veida pētījums nav veikts, saistībā ar dažādu profesiju pārstāvju divdimensionāla stimula slīpuma uztveri. Vai iepriekšējās zināšanas un pieredze sniedz priekšrocību attiecībā uz slīpuma novērtēšanu? Kādi ir faktori, kuri spēj ietekmēt slīpuma noteikšanu divdimensionālā plaknē?

Lai noskaidrotu šos jautājumus, darbā tika izvirzīts **mērķis**:

- novērtēt telpiskās uztveres precizitāti dažādu profesiju pārstāvjiem.

Darba **uzdevumi** ir

- noteikt plaknes pagriezienu leņķi divdimensionālu attēlā;
- dalībniekiem vadoties pēc savas izpratnes par leņķu lielumu, salīdzināt to ar reālo leņķa lielumu;

- pārbaudīt, vai atrašanās vieta telpā veicot testu, ietekmē slīpuma uztveri divdimensiju attēlā;
- pārbaudīt, vai dalībniekiem ar dažādu izpratni par leņķiem, ir atšķirīgi rezultāti.

1.LITERATŪRAS PĀRSKATS

1.1. Stereoskopiskā slīpuma vispārīgs raksturojums

Katrs no mums vienu un to pašu attēlu redz no atšķirīgām pozīcijām. Iegūtās binokulārās atšķirības ļauj mums veidot trīsdimensiju attēlu. Gadījumos, kas trīsdimensionāls attēls netiek veidots, mēs bieži vien uztveram attēla dziļumu tikai pamatojoties vienīgi uz monokulāro redzi. Piemēram, monokulārā perspektīva (ieskaitot apveidus, struktūru un lineāro perspektīvu) ir būtisks faktors virsmas slīpuma uztverei. *Van Ee* (2002) Rodas jautājums, cik dziļi cilvēks spēj uztvert, skatot slīpo plakni, kādā ir attēlota binokulārā neatbilstība un monokulārā perspektīva sniedz pretēju informācijas attēlojumu? *Van Ee et al.* (2002) ir pētījuši iepriekšminētos jautājumus kvantitatīvā veidā un ir secinājuši, ka pastāv virkne neatbilstību konfliktu, kuri rodas no bistabilitātes, apskatot šāda veida attēlojumus. Bistabilitāti raksturo gadījumi, kad binokulārā disparitāte un monokulārās perspektīvas pazīmes, kas raksturo slīpumu, nesakrīt; tas nozīmē, ka bistabila uztvere izriet no neirālas konkurences starp konfliktējošām uztveres stimuliem (*Brouwer et al.*, 2009).

Slīpums ir leņķis starp interesējošo virsmu, kura ir rotēta vertikālā asī, no normāla virsmas stāvokļa 0° . Uztverot informāciju no slīpuma, kas nav stereoskopisks, tiek izmantotas citas pazīmes, kas liecina par slīpumu, piemēram, tekstūra, kontrasts, perspektīva u.c. (*Stevens*, 1983). Tas nozīmē, ka noliekot divas vienādas virsmas dažādos attālumos pret novērotāju un, ja tekstūra būs vienādā leņķiskajā izmērā, novērotājs nespēs noteikt, kura no virsmām atrodas tuvāk vai tālāk, taču lineārā perspektīva palīdzēs noteikt slīpumu. Subjektīvi garākā mala tiek pieņemta par tuvāk esošu un īsākā par tālāk esošu līniju, tās ir vertikāli novietotas un paralēlas viena otrai. Garākā mala tiek vizuāli izstiepta, radot palielinājumu uz tīklenes, liekot uzskatīt, ka tā ir tuvākā. Palielinājums rada disparitāti. Slīpuma lielums tiek noteikts, iedomājoties, ka šī figūra tiek apskatīta no augšas. (*Zalevski et al.*, 2007) Atkarībā no tā izšķir pozitīvu slīpumu un negatīvu slīpumu (skat.1.1.att). It kā sadalot koordinātu plaknē, kur virs x ass ir pozitīvs leņķis, un zem x ass- negatīvs. Izmaiņas vertikālā asī ir daudz nozīmīgākas nekā horizontālā asī, un tika novērots, ka lielāka precizitāte ir izmantojot taisnstūrus nekā trapeces, aplūš vai ovālus. Autors pamato, ka izmantojot taisnstūri kā stimulu dalībniekam ir vieglāk uztvert kustību, kā slīpumā tiek novietots objekts, savukārt rotējot apli, izmaiņas nav tik labi pamanāmas un var radīt nepārliciecināmu atbildi. (*Braustein*, 1979, *Bradswaw et al.*, (2002))



1.1.att. Pozitīva un negatīva slīpuma novērtēšanas shēma. Dalībniekam iedomātu horizontālu līniju salīdzina doto stimulu. Ja vizuāli garākā mala ir tuvāka labajā pusē, tad tas tiek vērtēts ar “+” zīmi. Ja īsākā mala ir labajā pusē, slīpums tiek vērtēts kā negatīvs ar “-” zīmi. (*attēls no testa, autors G.Krūmiņa*)

Vizuālās bistabilitātes fenomenā konstants tīklots attēls veido mainīgu uztveri. Tas ir interesants fenomens, jo tas rada iespēju aplūkot divus dažādus stāvokļus procesā, kuri ir veidoti balstoties uz novērotāja pieņēmumiem par pasauli nevis esošajiem stimuliem, kas rodas šajā procesā. Uztveres bistabilitāte ir veiksmīgi pielietota, lai apgūtu vizuālo datu radīšanas procesu, ieskaitot dažus aspektus, kas veido vizuālo izpratni. Daudzi pētījumi liecina, ka uztveres pārmaiņas biežums bistabilitātē ir, lai gan līdz ierobežotai pakāpei pakļauts brīvprātīgai kontrolei, padarot uztveres bistabilitāti par daudz vairāk zinātniski pievilcīgu parādību. Pie tam uztveres bistabilitāte ir interesants izpētes objekts, jo tas veicina teoriju izstrādi, kas ir saistītas ar uztveres dziļuma kvantitatīvajiem aspektiem. (*van Ee et al., 2005*)

Saskaņā ar *Knapen & van Ee (2006)*, brīvprātīgi kontrolētās uztveres ietekmes pēcefektu attīstība vēl nav izpētīta, bet tā nepārprotami eksistē, jo uzmanības ietekme attiecībā uz pēcefektiem ir labi izpētīta un dokumentēta dažādām stimulu raksturīgām iezīmēm, tādām kā, piemēram, kustībai, orientācijai un neatbilstībai. Autori pētīja gadījumu, kad pirms stimula tiek rādīts mērķis, pie kura dalībnieks adaptējas. Pētot adaptīvā mērķa pēcefektu uz stimulu, tie pierādīja, ka dažāda slīpuma mērķi var ietekmēt atbildi uz stimulu. Tāpat arī pierādīja, ka monokulāri šis efekts ir daudz izteiktāks nekā binokulāri.

Proffitt et al. (1995) norāda, ka atšķirībā no slīpuma uztveres telpā, ģeogrāfiskais slīpums tiek pārvērtēts, tātad tiek uztverts slīpāks nekā tas ir, ja tiek aplūkots no apakšas uz augšu. Piemēram, 10% liels slīpums tiek vērtēts kā 30%. Savukārt, ja to pašu objektu liek novērtēt stāvot no sāna, tad minējumi ir daudz precīzāki un tuvāk atbilst patiesībai.

Gillam et al. (1984) pierādīja, ka, izmantojot papildu virsmu ar nulles disparitāti un virs tās liekot slīpu virsmu (*twist arrangement*), tas vairākkārt palielina iespēju precizitāti uz slīpuma atpazīšanu, salīdzinot ar blakus novietotu nulles disparitātes virsmu slīpajai, virsmas slīpumam esot vertikālajās asīs (skat.1.3.att). Tomēr, šādi novērtējot slīpumu, vairāk tiek salīdzinātas divas virsmas nevis noteikts slīpums. Kā norāda *Gillam et al.* (2007), stereoskopiskais slīpums ir ģeometriski nosakāms, kad dotā punkta horizontālās neatbilstības lineārais slīpums vizuāli tiek attēlots uz faktūras virsmas.

Gibson & Cornsweet (1952) lieto jēdzienu “optiskais slīpums”, kuru autori definē kā virsmas relatīvo novietojumu ass virzienā (respektīvi, relatīvs attiecībā pret plakņu kopumu, uz kuru skatiena līnija veido normālo vektoru). Izmantojot vertikālo plaukstas robežu, *Gibson* (1950) ir novērojis frontālās tendences slīpuma esamību no struktūras gradientiem, respektīvi, tā struktūras – gradienta – definētās virsmas parādās daudz frontālā virzienā salīdzinājumā ar to esošo attēlojumu. *Gibson* (1950) atzīmē, ka šādas ietekmes cēlonis varētu būt plakanuma attēlojošās pretrunīgās nianse (tādas kā, piemēram, neskaidru kontūru akomodatīvu trūkums monokulārajos stimulus), kā arī atvērums, caur kuru tā dalībnieki apskatīja stimulus – faktors, ko vēlāk apstiprināja *Eby & Braunstein* (1995).

Lai gan tikai vēlāk *Gibson & Cornsweet* (1952) nošķīra optisko slīpumu eksperimentāli no ģeogrāfiskā slīpuma, frontālo tendenci ir uzskatīts pieņemt par references optisko slīpumu vai egocentrisko slīpumu padziļinātas informācijas trūkuma gadījumā, kura sniedz savādāku informāciju (piemēram, no kontūras, virsmas struktūras, bonikulārās neatbilstības, utt.) – virsma vizuālajā kontaktā attēlojas kā frontāla. (*Durgin*, 2010; *Li & Hajnal*, 1875)

Relatīvā slīpuma specifika izpaužas vienas virsmas izvietojumā attiecībā pret references rāmi, ko nodrošina cita virsma, savukārt optiskā slīpuma specifika izpaužas saistībā ar skata līniju no novērošanas punkta uz attiecīgās virsmas. Visbeidzot, ģeogrāfiskā slīpuma specifika izpaužas saistībā ar fiksētu apkārtējās vides references rāmi, parasti horizontālo zemes plakni (skat.1.2.att). (*Proffitt et al.*, 1995)



1.2.att. Ģeogrāfiskā slīpuma noteikšana pret zemes plakni.

1.2.Stereoskopiskā slīpuma horizontālā un vertikālā uztvere

Praksē jau ir apstriprinājies, ka situācijā, kad slīpums ir horizontālā virzienā, tad paredzamā stereoskopiskā slīpuma uztvere ap vertikālo asi ir lēnāka, lai attīstītos un bieži arī būtiski samazinātos savā apjomā salīdzinājumā ar paredzēto slīpumu no pašreizējā gradienta. (Gillam *et al.*, 2007)

Kā norāda Ryan & Gillam (1994), stereoskopisko slīpuma uztveri var noteikt no atsevišķu punktu neatbilstību ģeometrijas. Tāpat arī ir jānorāda, ka veids, kādā virsma ir definēta var būtiski ietekmēt uztveres slīpuma apjomu. Piemēram, kad horizontālo līniju plaknes režģis ir stereoskopiski pagriezts pa tā vertikālo viduslīniju, tā slīpums būs ievērojami mazāks nekā vienlīdzīgi pagriezts vertikālās līnijas režģis. Papildus ir jānorāda, ka rotācijas asis horizontālā un vertikālā virzienā var būtiski ietekmēt uztveramo slīpumu. Kopumā ir jānorāda, ka slīpumiem pa horizontāli ir jābūt lielākiem salīdzinājumā ar identiskiem slīpumiem pa vertikālām asīm un šāda leņķa slīpumi parasti parāda zemākus noteikšanas sliedzes un ātrāku slīpuma noteikšanu.

Faktori, kas spēj ietekmēt ticamību (Backus *et al.*, 1999):

- palielināts skatīšanās attālums; gadījumā, ja tiek izmantota virsmas tekstūra, tad atkāpjoties tā vairs nav tik labi uztverama
- virsmas tekstūra
- tīklenes attēla lieluma izmaiņas – mazāks attēls ierosina mazāku apgabalu.

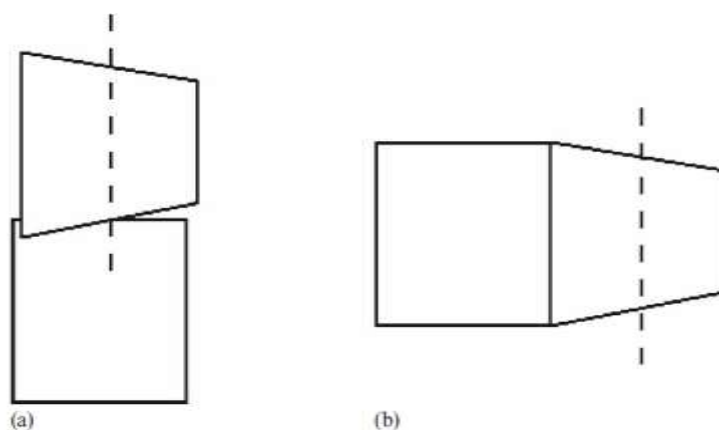
Hillis (2004) pierādīja, ka 171,9 cm attālumā no stimula līdz novērotājam precizitāte, ar kādu tiek noteikts slīpums, ir mazāka nekā tad, ja novērotājs atrodas 57,3 cm attālumā, ja stimula pazīme ir perspektīva.

1.3. Stereoskopiskā slīpuma priekšplāna kolineārā un taisnleņķa uztvere

Gibson (1950) savos sākotnējos pētījumos priekšplāna virsmu definē kā optisko slīpumu ar 0 grādu leņķi, tādējādi šo frontālās virsmas tendenci var aprakstīt kā slīpuma pārvērtēšanu. *Erkelens* (2013) pierādīja, ka nav statistiski nozīmīgas atšķirības, ja stimuluss tiek aplūkots monokulāri vai binokulāri, gadījumos, kad ekrāns ir 0°. Gan pozitīva slīpuma, gan negatīva slīpuma stimuli tika novērtēti mazāk slīpi nekā tie bija (tuvāk 0°).

Iepiešminētais *Gibson* (1950) formulējums vairāk atbilst ģeogrāfiskā slīpuma mērogošanai, tādai, kad skatiens ir vērsts uz priekšu, piemēram, optiskais slīpums un ģeogrāfiskais slīpums tiek uzskatīti par ekvivalentiem. Frontālo tendenci var raksturot kā optiskā slīpuma pārvērtējumu, kuram ir mazāks nekā 90 grādu leņķis (un optiskā slīpuma neizvērtējums lielāks par 90 grādiem). Pie tam *Durgin et al.* (2010) pētījuma rezultāti parādīja, ka ģeogrāfisko slīpumu uzverē ir lielas nobīdes no blakus esošajām virsmām, kas nav izskaidrojamas ar frontālo tendenci, bet gan vertikālo tendenci.

Gillam et al. (2007) savos pētījumos ir salīdzinājuši slīpuma uztveres precizitāti stereoskopiskajai slīpuma uztverei dažādos virsmas izvietojumos. Pētījumos tika analizēta arī references virsmas tūlītējie efekti līdz stereoskopiskajai slīpuma virsmai. Autori apskata stereoskopiskā slīpuma attēlojumu priekšplāna virsmai ar kolineāru virzienu un taisnleņķa pozīciju. Pirmajā gadījumā stereoskopiskā priekšplāna virsma tika izvietota kolineārā virzienā ar slīpās virsmas slīpām asīm (izliekuma paņēmiens), savukārt otrajā gadījumā priekšplāna virsma tika izvietota taisnleņķa virzienā ar slīpās virsmas slīpām asīm (viru paņēmiens) (skat. 1.2. att.).



1.3. att. Slīpu virsmu shematisks attēlojums ar virsū esošu priekšplāna virsmu (a) kolinerārā virzienā ar slīpuma asīm (izliekuma konfigurācija) un ar blakus esošu priekšplāna virsmu (b) taisnlenča virzienā ar slīpuma asīm (viru konfigurācija).

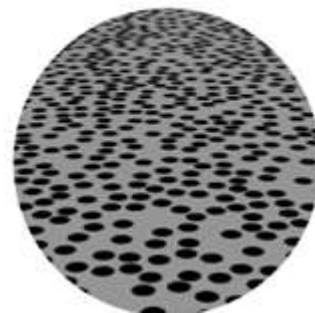
Gillam et al. (2007), analizējot slīpumu ap vertikālo asi, savos pētījumos ir konstatējuši, ka blakus esošā virsma izliekuma konfigurācijā būtiski palielina slīpuma uztveres slīpumu attēlotajā virsmā, kur pretēji tās papildinājumam viru konfigurācijā slīpuma uztveršanā ir mazāks efekts uz slīpuma noteikšanu.

Izmantojot trapecīti, kas ir attēlota uz ekrāna, tā automātiski tiek uztverta kā perspektīvā novietots taisnstūris, to ietekmē lineārā perspektīva, dalībnieka novietojums pret stimulu un, protams, to ietekmē arī pats slīpums, kā tiek pagriezts taisnstūris. Konverģentās līnijas rada priekšstatu par paralēlismu un horizontu, kā rezultātā tas tiek pieņemts, ka redzamā trapecīte ir slīpumā novietots taisnstūris. (*Erkelens, 2013a*)

Izmantojot taisnstūri kā stimulu, netika novērotas nekādas atšķirības, ja taisnstūrim tika piešķirta tekstūra, tas nozīmē, ka izmantojot divdimensionālu stimulu tekstūra neietekmē slīpuma uztveri, jo konverģentās līnijas jeb lineārā perspektīva tiek uztvertas kā galvenā pazīme (*Flock, 1965; Rogers & Gyani, 2010*), kas ir pretēji *Backus et al. (1999)* apgalvojumam. Atšķirības varētu rasties gadījumos, kad tekstūra tiek ierāmēta ar līnijām, kas virzās perspektīvā un virsmas tekstūru, kas ir bez ierobežojumiem (skat. 1.4.att.).



a



b

1.4.att. a- perspektīvā ierobežota figūra ¹, b- virsmas tekstūra bez robežām²

Dean (2016) gada publikācijā minēts, ka nav nozīmīgas atšķirības slīpuma uztverē starp sievietēm un vīriešiem. Iegūtais rezultāts ir atšķirīgs grupām, kurām iepriekš ir bijusi saskare ar slīpuma noteikšanu (tie tika iepazīstināti pirms eksperimenta) un tiem, kuriem tāda nav bijusi. Autori uzsver, ka arī personīgā pieredze un zināšanas spēj ietekmēt rezultātus, tāpēc gados vecākiem dalībniekiem slīpuma novērtēšana bija vieglāka un ar precīzākiem rezultātiem.

1.4.Stereoskopiskā slīpuma uztveres nozīme attēla veidošanā

Gillam et al. (2007) savos pētījumos ir konstatējuši, ka virsmas šķietamais slīpums ievērojami uzlabo apjomu un samazina latenci, kad stereotipiskās slīpuma virsmas ir novietotas tādā veidā, lai tās būtu virs vai zem, vai arī to aptvertu otra stereo virsma ar 0 grādu slīpumu.

Iepriekš minētais uzlabojums parasti ir attiecināms uz 0 grādu slīpuma virsmu, kas darbojas kā references virsma. Tad, kad absolūts slīpums ir vāji uztverams, relatīvo slīpumu var uztvert ar lielāku precizitāti. Līdzīgs, bet tomēr daudz pamatotāks skaidrojums ir, ka, lai gan konstants gradients ir vājš slīpuma stimulš, var pastāvēt daudz lielāka jūtība attiecībā uz teritoriālām izmaiņām vai pārtraukumu neatbilstību gradientā. Šī situācija nereti tiek aprakstīta kā lielāka jūtība pret otro vai augstāku neatbilstību atvasinājumā ar pirmo atvasinājumu. (Gillam et al. 2007)

¹ Journal of Vision (2006) The accuracy and reliability of perceived depth from linear perspective as a function of image size. Pieejams: <http://jov.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2122007>

² Journal of Vision (2017) Comparing sensitivity estimates from MLDS and forced-choice methods in a slant-from-texture experiment. Pieejams: <http://jov.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2600611>

Analizējot iepriekš norādītās neatbilstības, (*Gillam et al. 2007*) norāda, ka izliekuma konfigurācijās lielākā daļa uztveramo slīpumu rodas neatbilstību atšķirību gradienta esamības dēļ (relatīvās neatbilstības) līdzās robežai starp abām virsmām. Šāds gradients viru konfigurācijā neeksistē. Lai varētu izskaidrot šo situāciju, būtiski ir saprast, kas tiek domāts ar relatīvo neatbilstību gradientu un kāpēc tas neparādās uz slīpās virsmas pats par sevi. Absolūtā neatbilstība ir mērvienība attālumam starp viena punkta novirzēm divos attēlos no atbilstošām tīklenes dislokācijas vietām dotajai fiksācijai – relatīvajai neatbilstībai, kurai ir invariants fiksāciju griezumā un kura ir uztverama kā atšķirība starp divu punktu absolūtām neatbilstībām.. Praksē ir pieņemts, ka stereoskopiskā dziļuma uztvere ir balstīta uz relatīvo neatbilstību nevis uz absolūto neatbilstību.

2. PĒTĪJUMA DAĻA

2.1. Metodika

2.1.1. Dalībnieki

Pētījumā piedalījās 82 dalībnieki, 52 no tiem Latvijas Universitātes Fizikas un matemātikas fakultātes Optometrijas un redzes zinātnes nodaļas:

- 34 bakalaura 1. kursa studenti, vecumā 19-24 gadi
- 18 maģistrantūras studenti no 1. un 2. kursa, vecumā no 23 gadiem.

Pētījumā piedalījās arī 15 studenti no Rīgas Tehniskās universitātes Arhitektūras un pilsētplānošanas fakultātes maģistrantūras 1. un 2. kursa. Pētījumā piedalījās kontrolgrupa, kurā bija 15 dalībnieki vecumā no 31-45 gadiem. Dalībniekiem no kontrolgrupas ikdienā nav saskares ar eksaktām zinātnēm, piemēram, matemātiku un leņķu noteikšanu. Nevienam no dalībniekiem nebija iepriekšējas pieredzes šāda testa veikšanā. Dalībnieki varēja izmantot savu korekciju veicot testu.

2.1.2. Stimuls

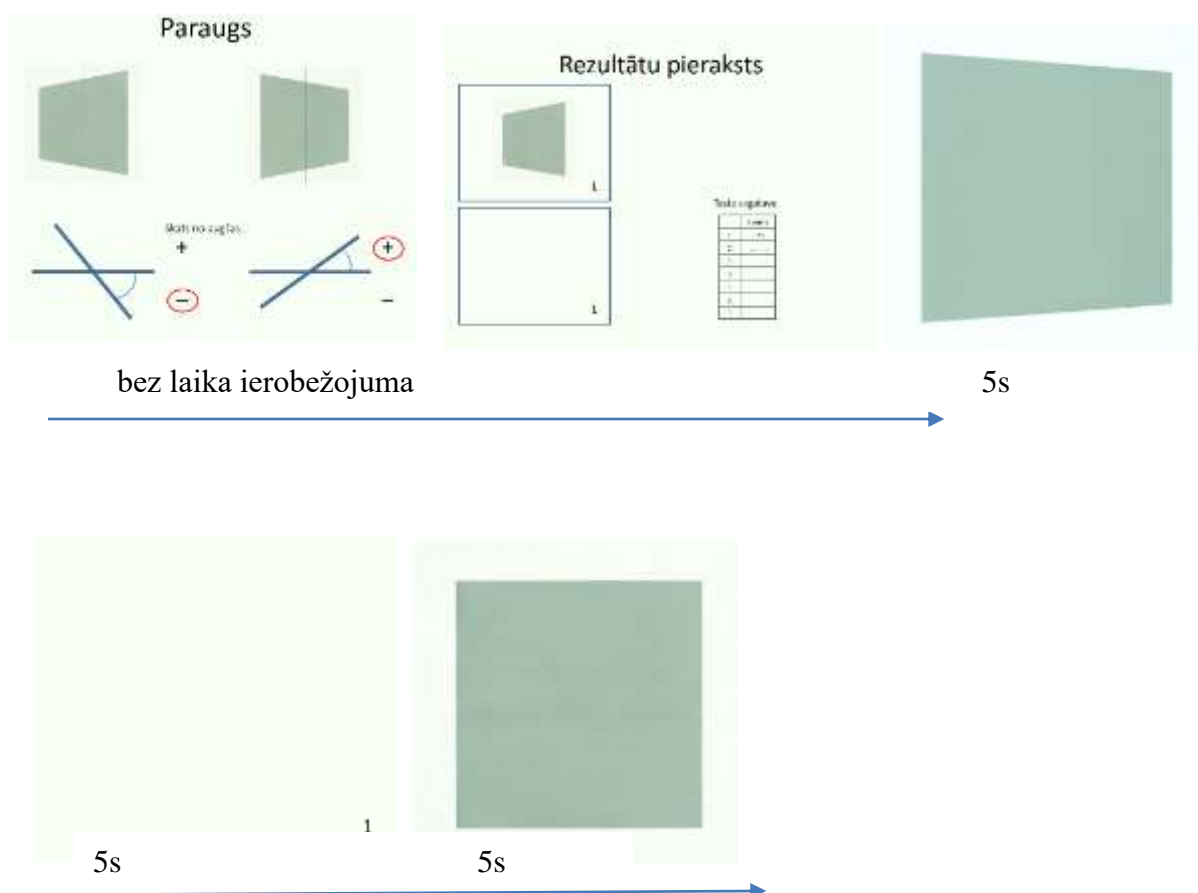
Stimuls tika rādīts uz balta fona *MS PowerPoint* prezentācijā (autors: G.Krūmiņa). Stimula leņķiskais izmērs variēja no $5,27^\circ$ līdz $21,04^\circ$. LU FMF Optometrijas un redzes zinātnes nodaļas studentiem tests tika rādīts uz projektorā, savukārt pārējie dalībnieki testu veica uz datora ekrāna. Stimuls frontālajā plaknē bija taisnstūris bez tekstūras. Kopumā tika rādīti 28 attēli ar dažāda slīpuma stimuliem. Slīpums bija -70° , -50° , -20° , 0° , 20° , 50° , 70° grādi. Katrs stimulss tika rādīts 4 reizes jauktā secībā. Balts fons bez stimula bija izvēlēts kā pauze starp 2 stimuliem. Stimuls tika rādīts 5 sekundes un pauze starp stimuliem bija 5 sekundes.

2.1.3. Eksperimenta gaita

Dalībniekiem tika izdalītas atbilžu lapas, kur bija paraugs (skat.1.pielik.), kā jāvērtē slīpums, tādējādi izvairoties no situācijas, kad dažādām dalībnieku grupām uzdevuma nosacījumi tiek interpretēti dažādi. Tests tika veikts binokulāri. Eksperimenta sākumā vēlreiz dalībniekiem tika rādīts paraugs, kā jānovērtē slīpums- pozitīvs leņķis vai negatīvs, iedomājoties, ka dalībnieks skatās no augšas. Kad dalībnieki ziņoja, ka uzdevumu saprot, tad sākās tests. Testam sākoties, stimulss tika rādīts 5 sekundes un pēc tam 5 sekunžu laikā dalībniekam bija jāizdomā pareizā zīme (+ vai -) un viņa subjektīvais viedoklis par slīpumu

stimulam grādos, kas tika rādīts. Dalībniekiem iepriekš netika teikts, kādā amplitūdā ir dotie stimuli. Tests turpinājās ar jaunu stimulu. Kopā tika rādīti 28 stimuli jauktā secībā. Pēc testa dalībniekiem no Latvijas Universitātes Fizikas un matemātikas fakultātes Optometrijas un redzes zinātnes nodaļas tika uzdoti 3 jautājumi: vai skolā padevās eksaktās zinātnes? Vai skolā padevās humanitārās zinātnes? Vai dalībniekiem padodas zīmēšana? Darbā netika analizēts dalībnieka atbildes sniegšanas laiks, jo visiem dalībniekiem maksimālais atbildes sniegšanas laiks nepārsniedza 5 sekundes, kuras bija iekļautas testā.

Ne studentiem no Arhitektūras fakultātes, ne dalībniekiem, kuriem nav pieredzes ikdienā novērtējot leņķus, netika uzdots šāds jautājums. Lai iestātos Arhitektūras fakultātē, ir jānokārto eksāmens zīmēšanā, tāpēc zīmēšanas līmenis varētu būt augstāks nekā pārējām grupām pētījumā, un to būtu grūti salīdzināt. Savukārt grupā, kurā ir dalībnieki bez pieredzes, tie speciāli tika izvēlēti, kuriem ilgi nav bijusi saskarsme ar matemātiku, leņķu noteikšanu un citām zināšanām, kuras varētu dot priekšrocību testa veikšanā.

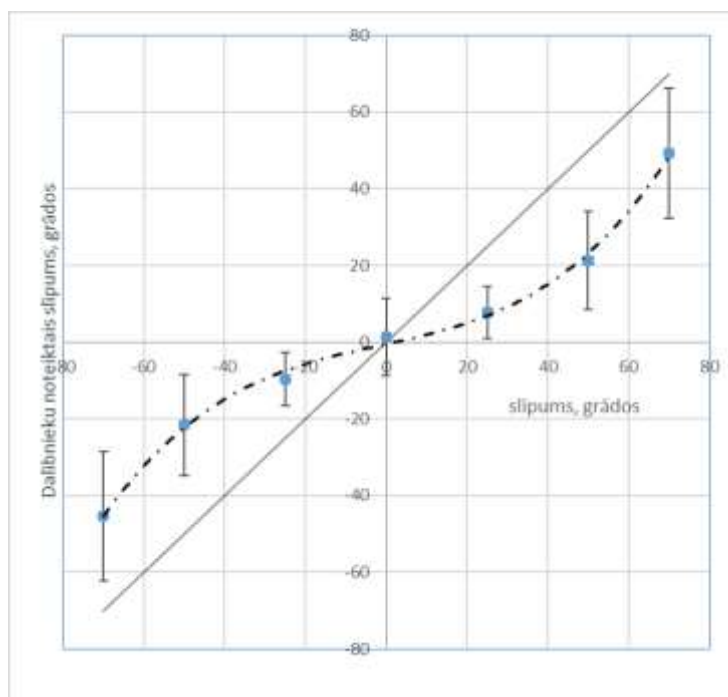


2.1.att. Testa gaita

2.2 Rezultāti

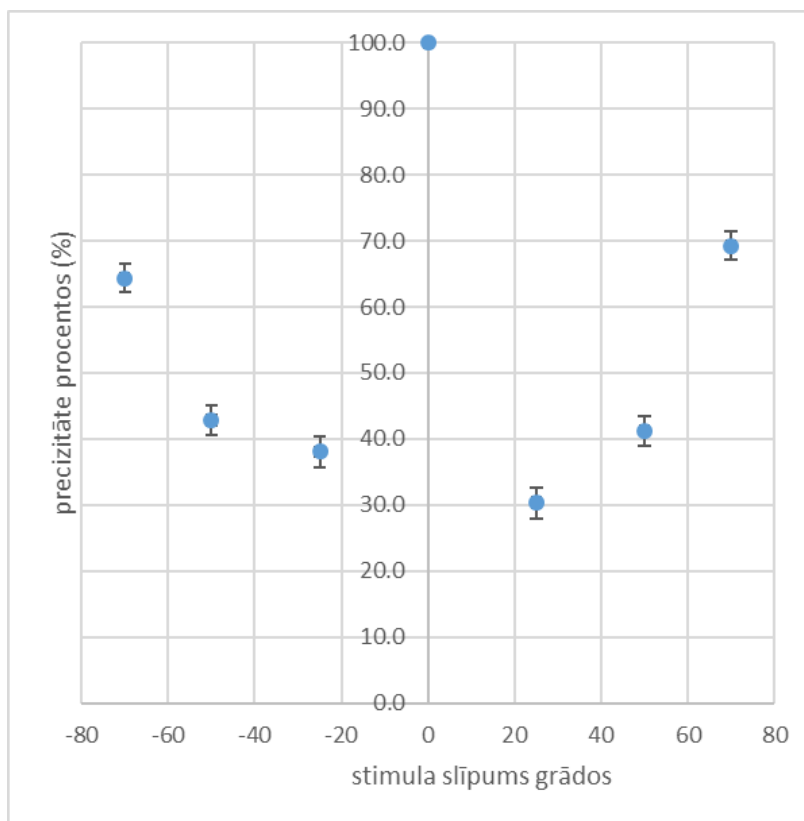
Dalībnieki aizpildīja izdrukātas atbilžu lapas, kuras vēlāk tika analizētas ar statistiskās datu apstrādes programmu MS Excel. Atbilžu lapa saturēja informāciju par dalībnieka subjektīvi noteikto leņķi. LU FMF Optometrijas un redzes zinātnes studentiem papildus atbildēm par to, vai dalībniekiem padodas zīmēšana.

Viens no kritērijiem, analizējot iegūtos datus, bija noteiktā leņķa lielums salīdzinājumā ar īsto leņķi (skat.2.2.att). Slīpums -70° tika novērtēts $-45,4^\circ \pm$ standartdeviācija (SD) $16,8^\circ$. -50° novērtēti kā $-21,6^\circ \pm$ SD $13,2^\circ$, slīpums -25° novērtēts kā $-9,7^\circ \pm$ SD $6,9^\circ$, 0° slīpums- kā $1,4^\circ \pm$ SD $10,0^\circ$. Pie slīpuma $+25^\circ$ dalībnieku noteiktā vidējā vērtība $7,7^\circ \pm$ SD $6,8^\circ$, $+50^\circ$ novērtēti kā $21,3^\circ \pm$ SD $12,8^\circ$. Slīpums 70° novērtēts uz $49,2^\circ \pm$ SD $16,9^\circ$. Pēc attēla var secināt, ka vērtības, kādās tika novērtēti pozitīvi vērstie un negatīvie vērstie slīpumi ir simetriski. Tā kā dalībniekiem netika definēts, kādās robežās ir iespējams slīpums, visi dalībnieki slīpumu novērtējuši mazākās vienībās nekā tās patiesībā bija, taču pie lielākā iespējamā slīpuma -70° un $+70^\circ$ atbildes ir precīzākas, to var novērtēt arī attēlā 2.3.



2.2 att. Subjektīvi noteiktās slīpuma vidējās vērtības optometriem bakalauriem no 1.kursa. Ar nepārtraukto līniju apzīmētas stimula patiesās vērtības. Pārtrauktā līnija ir dalībnieku vidējo vērtību atspoguļojums pie dažādiem slīpumiem.

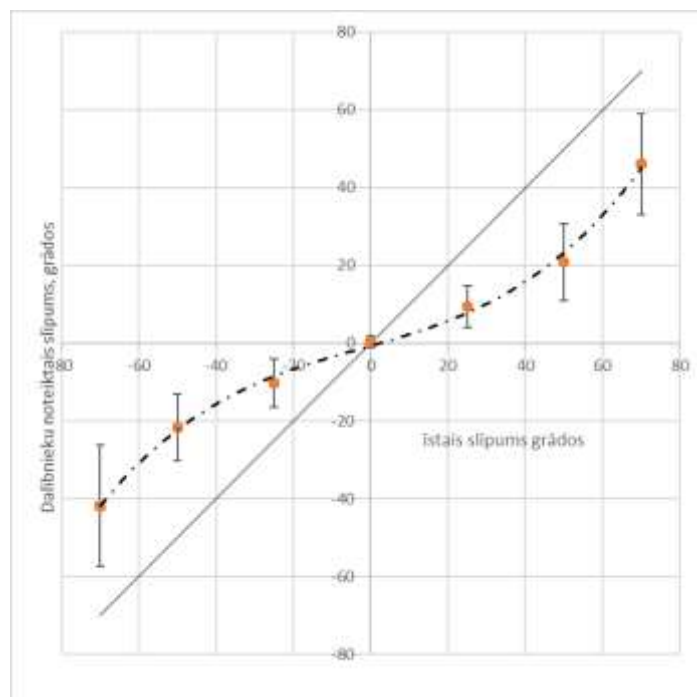
-70° slīpums tika novērtēts ar precizitāti 64,3%± standartklūda (SE) 2,1%; -50° ar precizitāti 42,8%± SE 2,3%; -25° ar precizitāti 38,1%± SE 2,4%, 0° tika novērtēti 100%± SE 0,0%. +25° ar precizitāti 30,3%± SE 2,3%, +50° ar precizitāti 41,2%± SE 2,3%; +70° tika novērtēti 69,3%± SE 2,2% (skat.att. 2.3.).



2.3.att. Precizitāte procentos atkarībā no stimula slīpuma optometriem bakalauriem

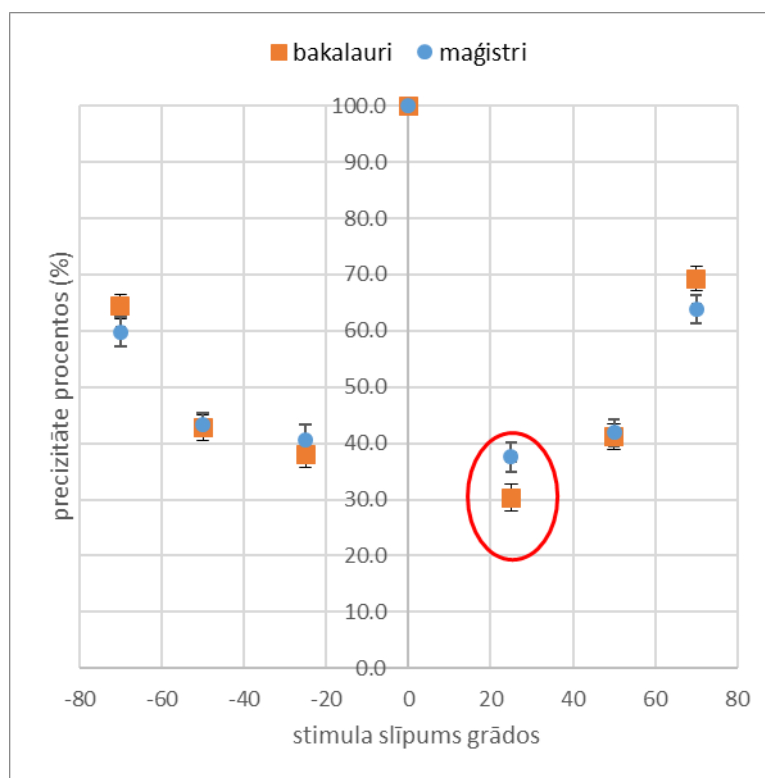
Visprecīzāk no visiem stimuliem tika novērtēts slīpums 0°, kā arī bija sagaidāms, ar 100% precizitāti. Daži no dalībniekiem atzina, ka, pildot testu, pirmais stimul, kas bija bez slīpuma, tika novērtēts nekavējoties, bet turpmākie stimuli ar slīpumu 0° bija novērtējami grūtāk, jo subjektīvi šķita, ka stimul ir slīps. Tomēr analizējot datus šāda informācija neapstiprinājās. Tāpat, kā iepriekš tika minēts, precīzāk novērtēti stimuli bija pie lieliem slīpumiem +70° un -70°. Stimulu slīpumiem, kuri bija starp 0° un 70° ir vissliktākā precizitāte, tas varētu būt izskaidrojams ar to, ka dalībniekiem nebija skaidrs, kāda ir leņķu amplitūda starp vienu un otru stimulu, tāpēc tie tika novērtēti pēc atšķirības/ līdzības, ka tas ir lielāks vai mazāks nekā iepriekš rādītais stimul.

Šajā attēlā (skat. 2.4.att.) parādītas optometristu maģistru vidējās vērtības dažādiem stimuliem. Slīpums -70° tika novērtēts $-41,9^\circ \pm$ standartdeviācija (SD) $15,6^\circ$. -50° novērtēti kā $-21,7^\circ \pm$ SD $8,5^\circ$, slīpums -25° novērtēts kā $-10,3^\circ \pm$ SD $6,1^\circ$, 0° slīpums- kā $0,3^\circ \pm$ SD $1,5^\circ$. Pie slīpuma $+25^\circ$ dalībnieku noteiktā vidējā vērtība $9,4^\circ \pm$ SD $5,4^\circ$, $+50^\circ$ novērtēti kā $20,9^\circ \pm$ SD $9,9^\circ$. Slīpums 70° novērtēts uz $46,0^\circ \pm$ SD $13,0^\circ$. Arī šeit, līdzīgi kā optometristiem bakalauriem (skat.att.2.2.) ir redzama simetrija nosakot leņķi, kas norāda, ka dalībnieki līdzvērtīgi novērtē pozitīvi un negatīvi vērstos leņķus. Salīdzinot ar bakalaura studentiem, nav novērojama statistiski nozīmīga atšķirība nevienā no rādītajiem stimuliem ($p < 0,05$, t-test). To var izskaidrot ar situāciju, ka bakalaura studentiem nav aizmirsušās iepriekšējās zināšanas trigonometrijā, un tie veiksmīgi prata izmantot situācijā, kad leņķis jāvērtē iedomātā skatā no augšas. Savukārt studentiem, kuri studē maģistrantūrā ir zināšanas par astigmātisma koriģēšanu, kas palīdzēja noteikt leņķi. Rezultātā abas grupas ļoti līdzīgi novērtēja rādītos stimulus. Jāatzīmē, ka analizējot datus, bakalaura studenti biežāk nebija ierakstījuši atbildes, vai kļūdījušies, novērtējot pozitīvu vai negatīvu leņķi, bet, tā kā dalībnieku bija vairāk nekā maģistra studentu, tad dati ir salīdzināmi.



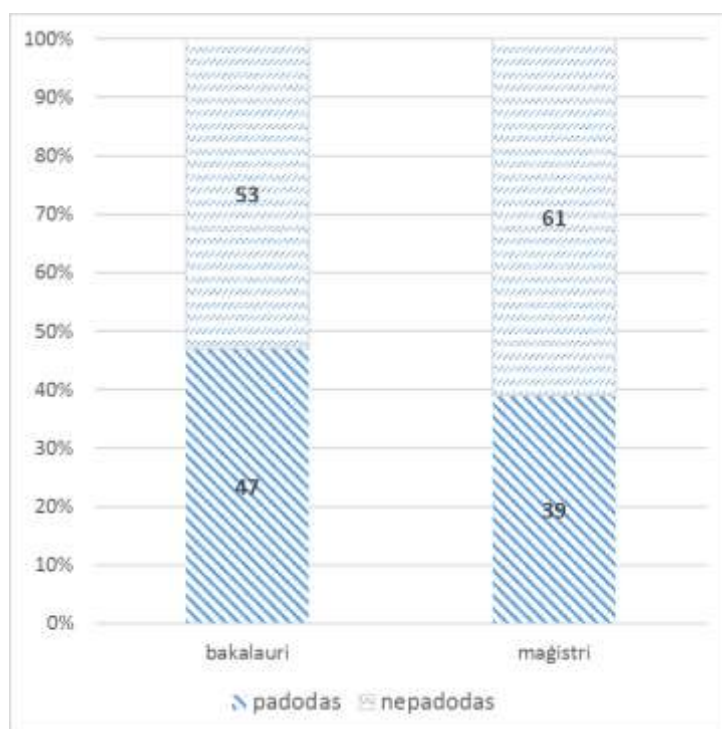
2.4 att. Slīpuma vidējās vērtības optometristiem maģistriem no 1. un 2. kursa. Ar nepārtraukto līniju apzīmētas leņķu vērtības liknei, kura būtu gadījumā, ja visas vērtības būtu noteiktas ar 100% precizitāti. Pārtrauktā līnija ir dalībnieku vidējo vērtību atspoguļojums pie dažādiem slīpumiem.

Salīdzinot precizitāti, ar kādu tika novērtēts stimula slīpums, nav novērojama statistiski nozīmīga atšķirība starp bakalaura studentiem un maģistra studentiem ($p > 0,05$), tātad tās nav pilnīgi atšķirīgas. Tomēr pie 25° tiek statistiski ($p < 0,05$) pierādīts, ka grupas (bakalauri un maģistri) ir ar tendenci atšķirties (skat.2.5.att.). Maģistri vērtē 25° slīpumu ar precizitāti $37,6\% \pm SE 2,6\%$; bakalauri- $30,3\% \pm SE 2,3\%$. Pārējās vērtības maģistra studentiem nav statistiski atšķirīgas no bakalaura studentiem.



2.5.att. Atšķirības precizitātē atkarībā no stimula slīpuma starp studentiem optometriem, kuri studē bakalaurus un maģistrantūrā. Apvilktās stimulu vērtības norāda statistiski nozīmīgu atšķirību ($p < 0,05$).

Gan bakalaura, gan maģistra studenti tika sadalīti divās grupās, pēc atbildēm uz jautājumu, vai dalībniekam padodas zīmēšana. Kopumā no 34 bakalaura studentiem 47% atzina, ka tiem patīk un padodas zīmēšana un 53% dalībnieku nepadodas zīmēšana. Salīdzinot šīs divas apakšgrupas, netika novērota statistiski nozīmīga atšķirība ($p>0,05$). No 18 aptaujātajiem studentiem, kuri studē maģistrantūrā 39% padodas zīmēšana, 61% nepadodas (skat. 2.6.att.).



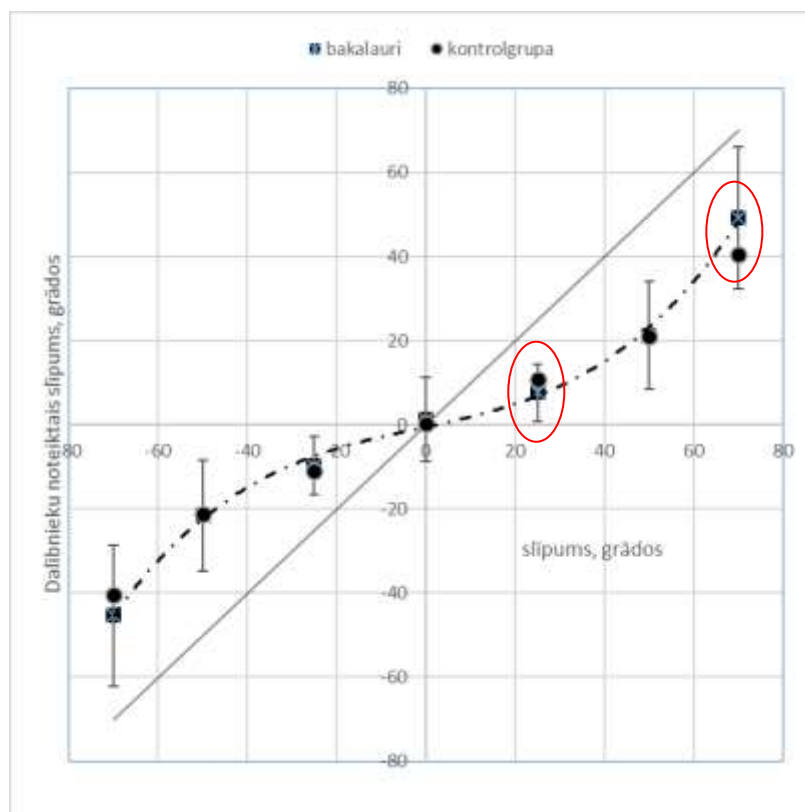
2.6.att. Optometristu (maģistru un bakalauru) sadalījums grupās procentos pēc atbildes uz jautājumu- vai padodas zīmēšana?

Arī šajā apakšgrupā netika novērota statistiski nozīmīga atšķirība ($p>0,05$). Salīdzinot visus dalībniekus, kuriem padodas zīmēšana ar visiem studentiem, kuriem nepadodas zīmēšana, netika iegūta atšķirība ($p>0,05$) Iespējams, ka šīs grupas bija pārāk mazas, lai pierādītu apgalvojumu, tāpat arī šīs atbildes bija atkarīgas no paša dalībnieka subjektīvā skatu punkta.

Kā iepriekš tika minēts, tad pētījumā piedalījās arī dalībnieki bez pieredzes ikdienā pielietot leņķus- kontrolgrupa. Šāda grupa tika izvēlēta, lai salīdzinātu ar optometristiem, kuriem ir zināšanas par to.

Attēlā 2.7 redzams, ka $+25^\circ$ un $+70^\circ$ ir atšķirība starp optometristiem bakalauriem un kontrolgrupu ($p<0.05$ t-test). Interesanti, ka citos gadījumos nav novērojama atšķirība, kā arī

salīdzinot ar optometriem maģistriem nav pierādāma atšķirība. Un nav starpības arī simetriski novērtējot negatīvi vērstus stimulus. Vērtējot optometristus maģistrus un bakalaurus pie stimuliem $+70^\circ$ un -70° bija novērojama tendence, ka šie stimuli precīzāk tiek novērtēti, taču kontrolgrupā dalībnieki nespēja noteikt precīzāk stimulus lielākos slīpumos.



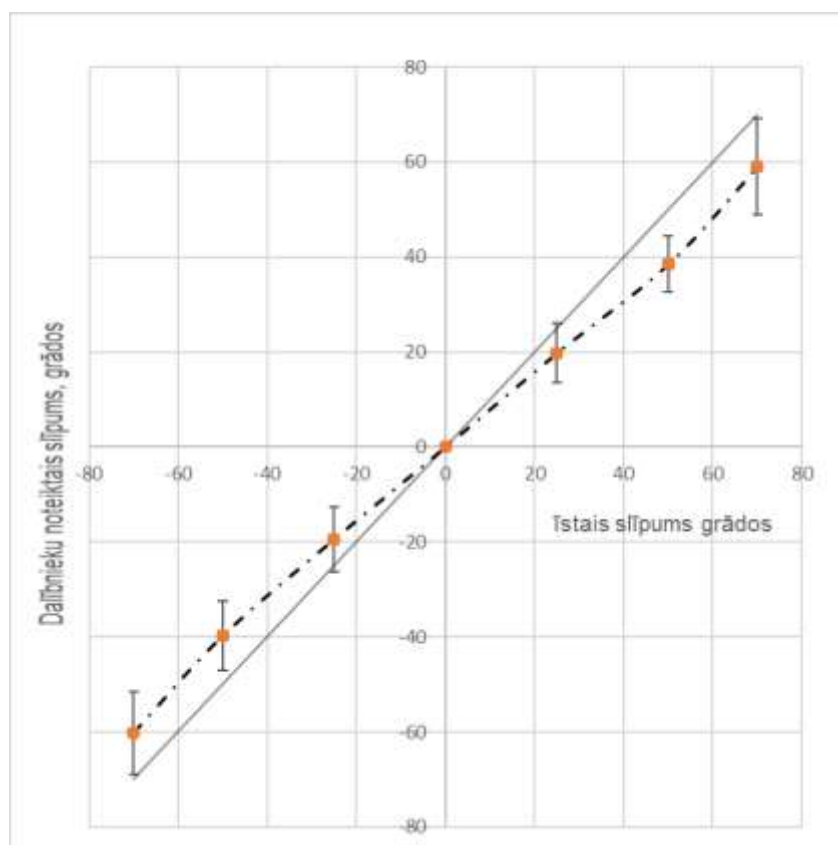
2.7. att. Slīpuma vidējās vērtības kontrolgrupā. Ar nepārtraukto līniju apzīmētas patiesās stimula vērtības. Pārtrauktā līnija ir dalībnieku noteiktā slīpuma vidējā vērtība atkarībā no stimula slīpuma. Apvilktās stimulu vērtības, kur redzama statistiski nozīmīga atšķirība ($p < 0,05$) starp kontrolgrupu un optometriem bakalauriem.

Slīpums -70° tika novērtēts $-40,3^\circ \pm$ standartdeviācija (SD) $17,6^\circ$. -50° novērtēti kā $-21,2^\circ \pm$ SD $7,4^\circ$, slīpums -25° novērtēts kā $-10,9^\circ \pm$ SD $4,0^\circ$, 0° slīpums- kā $0,2^\circ \pm$ SD $0,7^\circ$. Pie slīpuma $+25^\circ$ dalībnieku noteiktā vidējā vērtība $10,9^\circ \pm$ SD $4,3^\circ$, $+50^\circ$ novērtēti kā $21,0^\circ \pm$ SD $9,0^\circ$. Slīpums 70° novērtēts uz $40,6^\circ \pm$ SD $15,6^\circ$. Īpaši izcelti divi gadījumi $+25^\circ$ un 70° , kuros ir novērojama atšķirība starp bakalauriem un kontrolgrupu.

Arī analizējot precizitāti, ar kādu kontrolgrupa novērtējusi stimula slīpumus ir iegūstama līdzīga situācija. Ir statistiski nozīmīga atšķirība starp kontrolgrupu un

optometristiem bakalauriem pie stimula slīpuma $+25^\circ$ un $+70^\circ$ ($p < 0,05$), savukārt starp optometristirm maģistriem un kontrolgrupu statistiski ir pierādāms, ka precizitāte bija dažāda ($p < 0,05$) novērtējot stimula slīpumu $+70^\circ$.

Pieaicinot pētījumā dalībniekus, kuriem darbs ir saistīts ar leņķu novērēšanu, rasēšanu, un dalībniekiem ir iemaņas un prasmes iztēloties divdimensionālus attēlus reālā vidē, tika sagaidīts rezultāts, kur šie dalībnieki, kuriem ir labāka sagatavotība, arī veiksmīgāk spēs novērtēt stimula slīpumu.



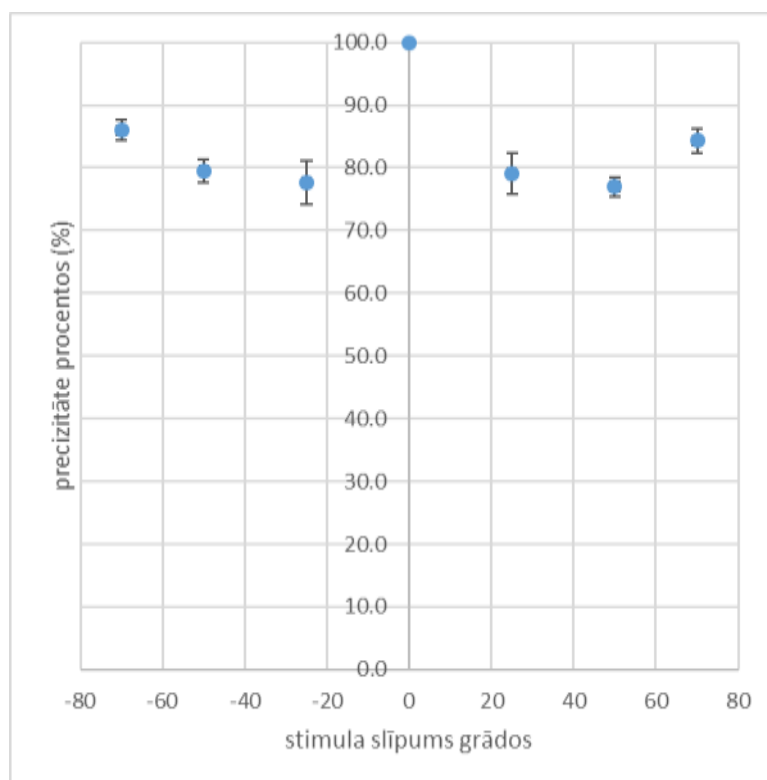
2.8.att. Subjektīvi noteiktās slīpuma vidējās vērtības arhitektiem. Ar nepārtraukto līniju apzīmētas stimula patiesās vērtības. Pārtrauktā līnija ir dalībnieku vidējo vērtību atspoguļojums pie dažādiem slīpumiem. .

Slīpums -70° tika novērtēts $-60,2^\circ \pm$ standartdeviācija (SD) $8,7^\circ$. Slīpums -50° novērtēti kā $-39,7^\circ \pm$ SD $7,3^\circ$, slīpums -25° novērtēts kā $-19,4^\circ \pm$ SD $6,9^\circ$, 0° slīpums- kā $0,0^\circ \pm$ SD $0,0^\circ$. Pie slīpuma $+25^\circ$ dalībnieku noteiktā vidējā vērtība $19,8^\circ \pm$ SD $6,2^\circ$, slīpums $+50^\circ$ novērtēti kā $38,5^\circ \pm$ SD $5,9^\circ$. Slīpums 70° novērtēts uz $59,0^\circ \pm$ SD $10,1^\circ$.

Atšķirībā no visiem iepriekšējiem dalībniekiem, arhitekti daudz labāk spēja noteikt slīpumu grādos, kā iepriekš tika paredzēts, kā arī datiem ir mazāka izkliede. Tas nozīmē, ka

visi dalībnieki daudz precīzāk novērtēja slīpumu. Līkne ir tuvu rezultātam, kāda bija patiesā līkne. Vizuāli varētu likties, ka pie mazāka slīpuma ir precīzāk noteiktas vērtības, tomēr analizējot datus, tas netiek pierādīts ($p > 0,05$) (skat.2.8 att.).

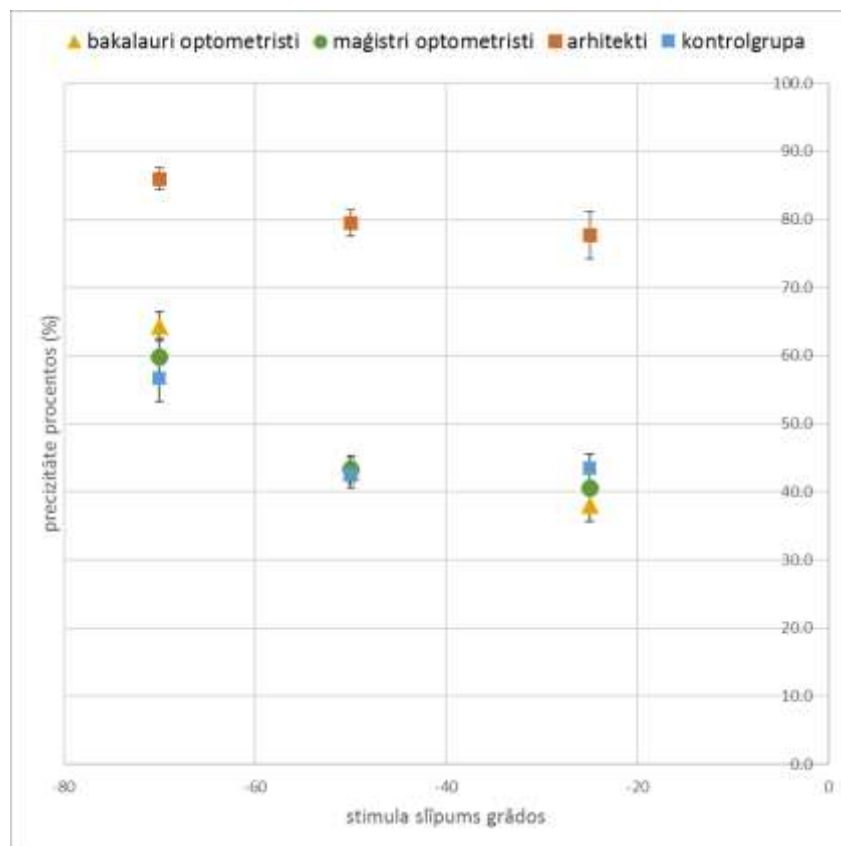
Attēlā 2.9. var redzēt, ka saglabājas tendence precīzāk datus novērtēt pie 0° , $+70^\circ$ un -70° , mazāk precīzi ir -50° , -25° , $+25^\circ$ un $+50^\circ$, līdzīgi kā optometriem bakalauriem un maģistriem. Tomēr kopējās vērtības ir daudz augstākas un ir statistiski atšķirīgas no visām iepriekšminētajām grupām ($p < 0,05$) (skat.att.2.10).



2.9.att. Precizitāte procentos, ar kādu arhitekti studenti noteica slīpumu stimuliem.

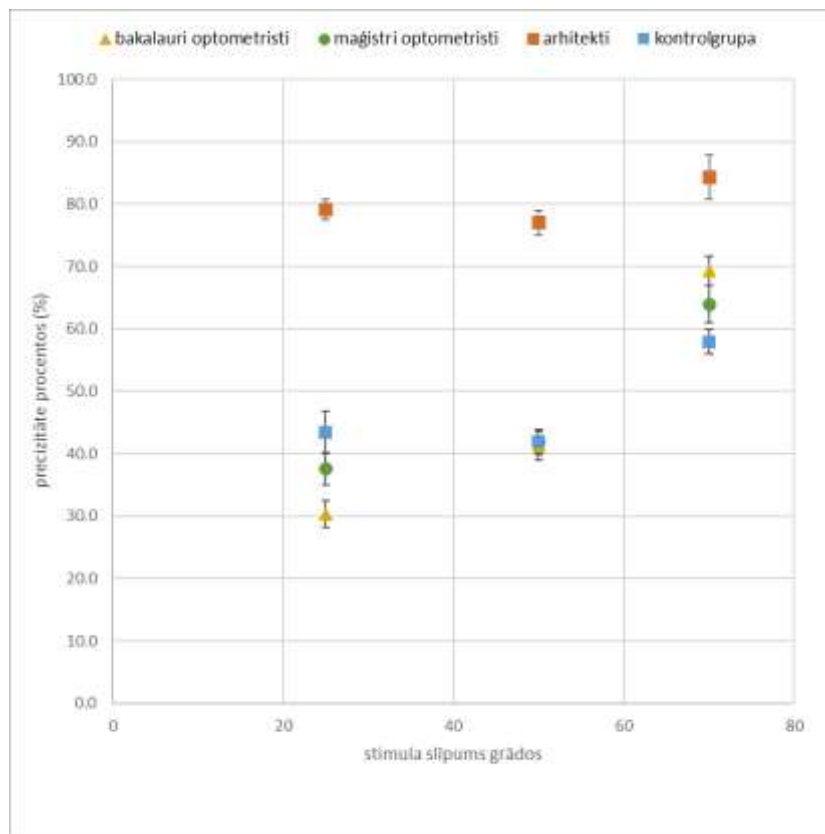
-70° tika novērtēts ar precizitāti $86,0\% \pm$ standartkļūda (SE) $1,6\%$; -50° ar precizitāti $79,5\% \pm$ SE $1,9\%$; -25° ar precizitāti $77,7\% \pm$ SE $3,5\%$, 0° tika novērtēti $100\% \pm$ SE $0,0\%$. $+25^\circ$ ar precizitāti $79,1\% \pm$ SE $3,2\%$, $+50^\circ$ ar precizitāti $77,0\% \pm$ SE $1,5\%$; $+70^\circ$ tika novērtēti $84,3\% \pm$ SE $1,9\%$.

Attēlā 2.10. uzskatāmi parādītas atšķirības precizitātē, kā dažādas pētījuma grupas atšķirīgi novērtējušas stimula slīpumus. Ar 95% ticamību tika pierādīts, ka katrā no stimula slīpumiem -70° , -50° , -25° ir statistiski nozīmīga atšķirība vērtējot optometristus bakalaurus pret arhitektiem, optometristus maģistrus pret arhitektiem un kontrolgrupu pret arhitektiem ($p < 0,05$).



2.10. att. Salīdzinājums precizitātē starp dažādām grupām negatīvi (-70° , -50° , -25°) vēršiem stimuliem. Uz x ass stimula slīpums grādos, y ass precizitāte procentos.

Līdzīgi rezultāti tiek iegūti arī apskatot rezultātus pozitīvi vēršiem stimuliem. Optometristiem bakalauriem, maģistriem un kontrolgrupai ir statistiski atšķirīgi dati no arhitektiem ($p < 0,05$) (skat.att. 2.11.). Novērtējot stimulu 0° visām grupām precizitāte bija 100%.



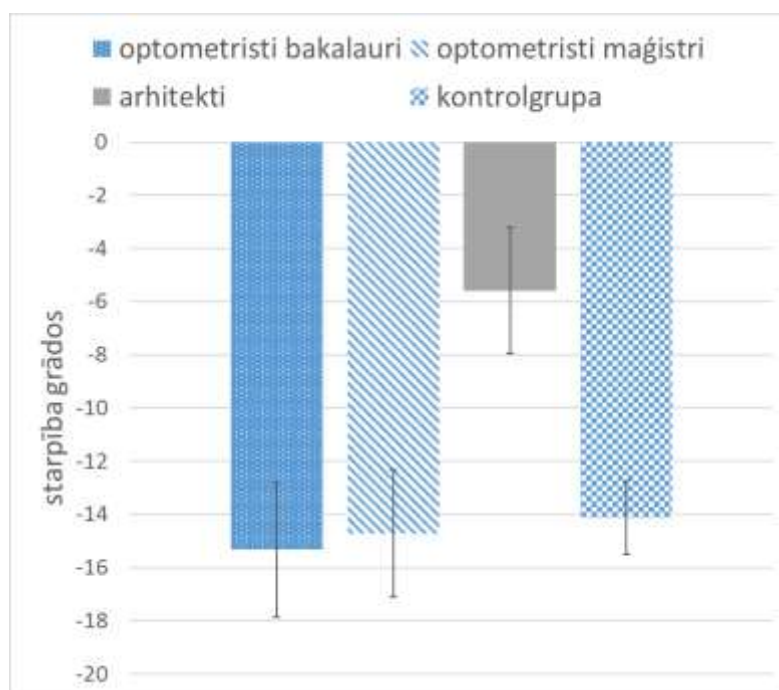
2.11. att. Salīdzinājums precizitātē starp dažādām grupām pozitīvi ($+70^\circ$, $+50^\circ$, $+25^\circ$) vēršiem stimuliem. Uz x ass stimula slīpums grādos, y ass precizitāte procentos.

Analizējot datus, atšķirīgās grupās stimuli tika novērtēti dažādi. Piemēram, arhitekti biežāk nekā pārējās grupas leņķus novērtēja lielākus nekā tie ir patiesībā, savukārt, dalībnieki bez pieredzes ļoti bieži novērtēja stimulus daudz mazākās vienībās, vai arī izvēlējās ērtu sistēmu, kā novērtēt slīpumu. Novērtējot starpību starp īsto leņķi un dalībnieka noteikto leņķi katram dalībniekam individuāli, tika iegūti rezultāti, kuri apstiprināja iepriekš minēto par subjektīvi novērtēto slīpumu.

Visi optometristi bakalauri novērtēja stimulu mazāku nekā tas bija patiesi pie. Un lielākā starpība bija novērtējot -25° bija $21,6^\circ \pm 0,8^\circ$. Tātad dalībnieks stimulu, kurš ir -25° slīps vidēji no četriem mērījumiem novērtēja kā aptuveni -3° slīpu. Arī optometristi maģistri slīpumu -25° ir novērtējuši mazāk slīpu, lielākā starpība $20,5^\circ \pm 0,5^\circ$. Arhitektiem lielākā

starpība novērtējot -25° bija $12,5^\circ \pm 1,4^\circ$. Un mazāka starpība jeb dalībnieks -25° slīpumu novērtēja lielāku nekā tas bija $5^\circ \pm 3,8^\circ$. Tātad dalībnieks -25° lielu slīpumu vidēji visos četros mērījumos novērtēja kā -30° . Kontrolgrupā, līdzīgi kā optometrieti maģistri un bakalauri, slīpumu -25° novērtēja par $20^\circ \pm 2,1^\circ$ mazāk. Tā kā arhitekti bija visprecīzākie no visiem dalībniekiem, tad arī, apskatot starpību starp īsto leņķi un dalībnieka noteikto leņķi, var pamanīt amplitūdas starpības. Un arī statistiski ir nozīmīga atšķirības starp arhitektiem un pārējām grupām ($p < 0,05$, t-test).

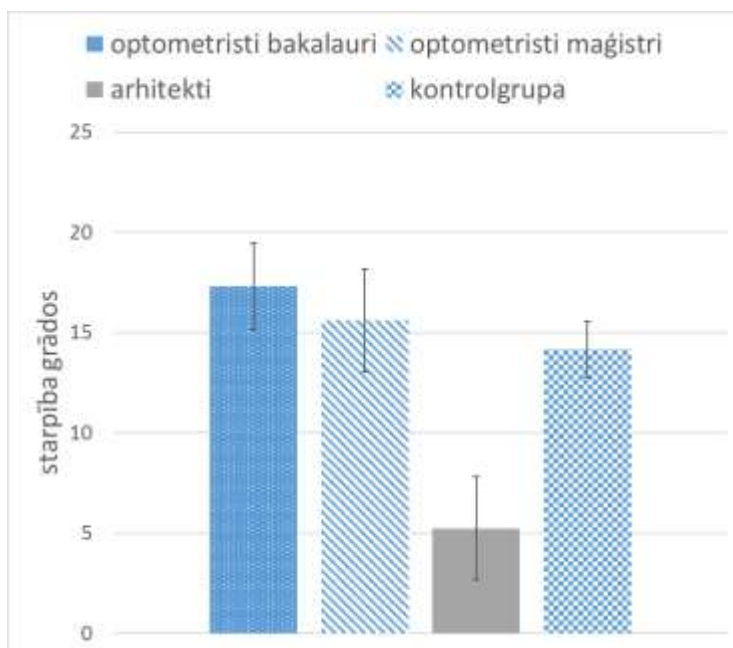
Attēlā 2.13. atainota vidējā vērtība starpībai, ar kādu dalībnieki novērtējuši stimulu -25° . Starpība iegūta no īstā leņķa atņemot dalībnieka subjektīvi noteikto. Jāpiemin, ka līdzīga situācija novērojama arī pie pārējiem stimuliem (skat.2.pielikumu).



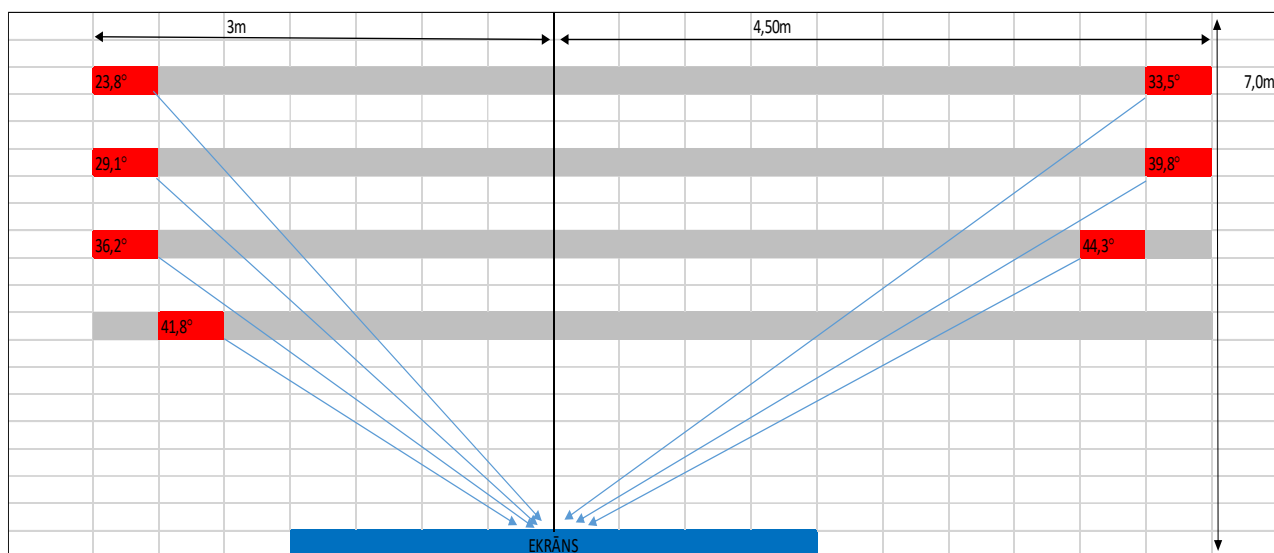
2.13.att. Optometristu bakalauru, maģistru, arhitektu un kontrolgrupas starpības vidējās vērtības stimulam -25° .

Optometrieti bakalauriem vidējā starpība stimulam -25° ir $15,3 \pm SE 2,5$. Optometrieti maģistriem vidējā starpība novērtējot stimulu -25° ir $14,7 \pm SE 1,9$. Atšķirībā no pārējām grupām arhitektiem amplitūda, kādā tika novērtēts stimuls -25° ir daudz mazāka un statistiski atšķirīga ($p < 0,05$). Starpība ir $5,6 \pm 2,4$. Un kontrolgrupai līdzīgi kā optometrieti ir $14,1 \pm 1,8$.

Attēlā 2.14. attēlota starpība pozitīvam stimulam. No īstā leņķa tiek atņemts dalībnieka subjektīvi noteiktais leņķis.



Dažos no iegūtajiem rezultātiem ir pamanāma asimetrija starp negatīvi vēršiem un pozitīvi vēršiem stimuliem. Iespējams šī neprecizitāte radusies dalībniekiem testa veikšanas laikā, jo daļa no dalībniekiem testu pildīja auditorijā, kur uz ekrāna tika rādīti stimuli. Otra daļa testu veica pie datora monitoriem. Lai izanalizētu, vai testa veikšana patiesi varēja ieviest kļūdu, tika izrēķināti stimula lielumi auditorijā, kurā testu veica 1. kursa bakalauri optometrijā. Ja dalībnieks sēdēja pret ekrānu, tad no pirmās rindas atradās 2,80m attālumā un stimula lielums šajā gadījumā bija 21,0°. sēžot otrajā rindā tieši pret ekrānu stimula lielums bija 14,5° un tad atradās 4,10m attālumā. Trešajā rindā sēžot attālums līdz ekrānam bija 5,40m un stimula izmērs leņķiskajās vienībās bija 11,0°. Dalībnieki, kuri sēdēja vistālāk, atradās 6,80m attālumā un stimuluss bija 8,8° liels. Tika pieļauts, ka dalībniekiem, kuri sēdēja pirmajās rindās, stimula izmērs bija lielāks, taču tiem, kuri sēdēja ne tieši pret ekrānu, bet slīpi, varēja būt izmainīta slīpuma uztvere. Savukārt dalībniekiem, kuri sēdēja tālākajās rindās stimula izmērs bija mazāks un tos mazāk ietekmēja arī tas, ka tie nesēdēja tieši pret ekrānam. Vai gadījumā, ja dalībniekam ekrāns atradās kreisajā pusē un bija jānovērtē negatīvi vērsts slīpums, tad dalībnieks to subjektīvi nenovērtēja kā slīpāku nekā tad, ja tika rādīts pozitīvi vērsta slīpuma stimulss? Lai to novērtētu tika izrēķināts, cik grādu slīpumā pret ekrānu dalībnieki, kuri sēdēja rindas galējos solos, atradās.



2.15. att. Optometristu bakalauru sēdvietas veicot testu, interesējošie dalībnieki apzīmēti ar sarkanu, kuri sēdēja pašā malā savā rindā. Norādīts arī leņķis, no kāda dalībnieki vērtēja rādītos stimulus.

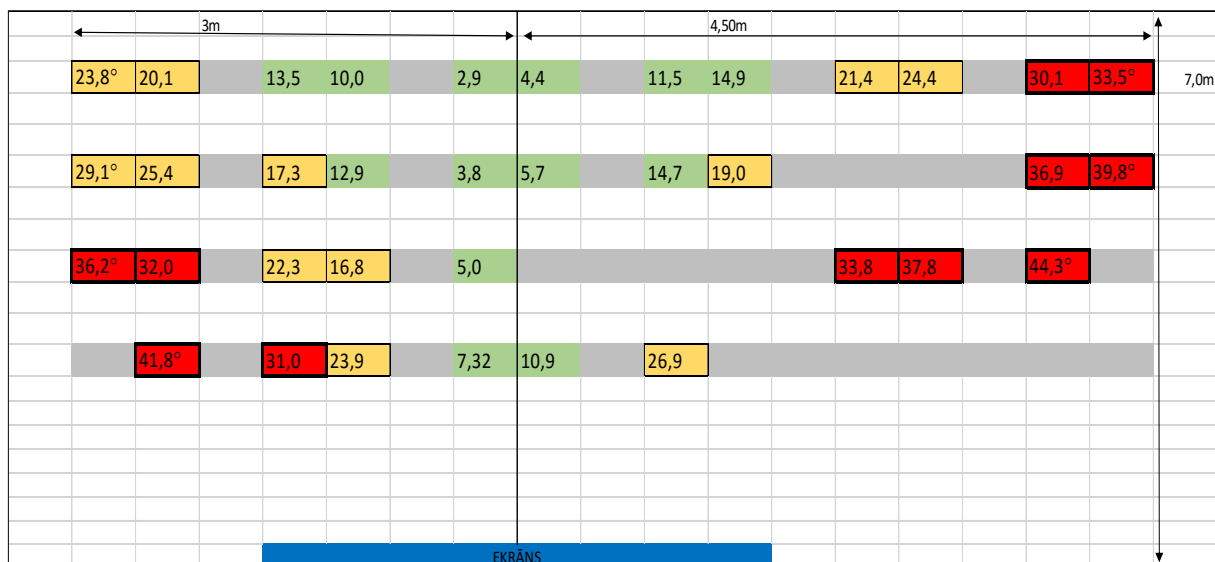
Tālāk dalībnieki, kuri sēdēja vistālāk no centra, tika salīdzināti ar vidējo vērtību visā grupā, atlasot dalībniekus, kuri sēdēja interesējošajās pozīcijās. Statistiski nozīmīga atšķirība

netika pierādīta salīdzinot dalībniekus, kuri sēdēja vistālāk no centra un vidējo vērtību optometristiem bakalauriem. Tomēr ir redzama tendence dalībniekiem, kuri sēdēja pa labi, precīzāk ir novērtējuši stimulus ar negatīvi vēršiem slīpumiem, kas ir pretēji iepriekš domātajam. Dalībniekiem, kuri sēdēja pa kreisi arī ir nelielas atšķirības, tomēr tās nav tik nozīmīgas, lai varētu apgalvot, ka šajā pētījumā vietai, kur sēdēja dalībnieks, būtu liela nozīme. Iespējams, ka stimulam bija pietiekami liels, lai neradītu šādu situāciju, kurā dalībnieka atrašanās vieta spēj ietekmēt rezultātus. Lai labāk varētu novērtēt tieši atrašanās vietas telpā ietekmi uz testa veikšanu, būtu nepieciešams vairāk dalībnieku, kuri novērtē stimulus, neesot pretī ekrānam.

Sadalot dalībniekus (optometristus bakalaurus) lielākās grupās, kur tie tika sadalīti pēc atrašanās vietas telpā:

- dalībnieki, kuri sēdēja līdz 15° slīpumā pret ekrānu;
- dalībnieki, kuri sēdēja 15° - 30° slīpumā pret ekrānu;
- un dalībnieki, kuri sēdēja visslīpāk no ekrāna no 30° .

Šāds grupu sadalījums tika izvēlēts, jo tas maksimāli vienlīdzīgi sadalīja dalībniekus grupās.

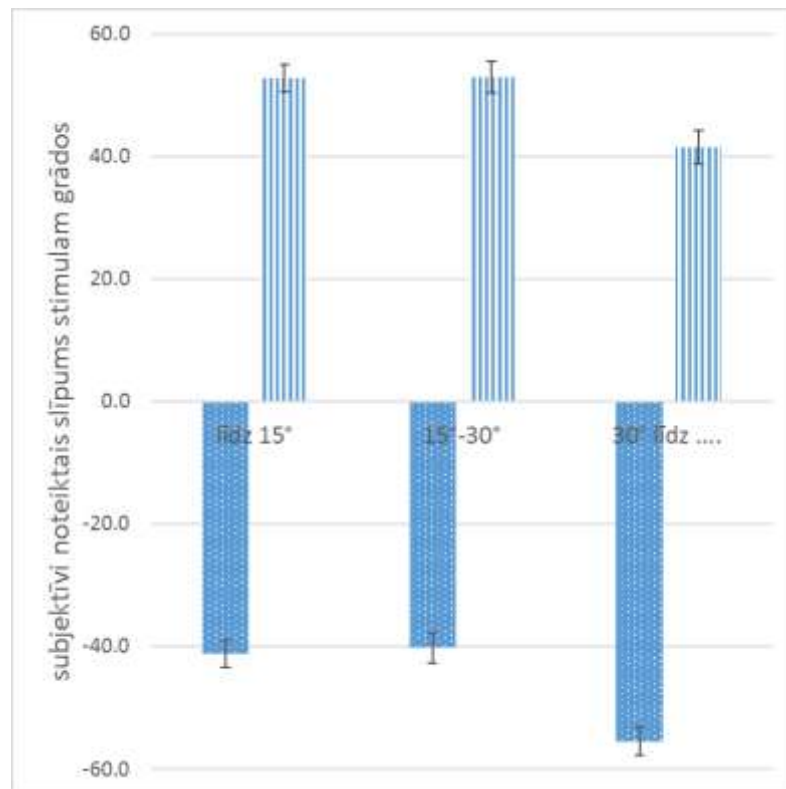


2.16.att. Dalībnieku sadalījums pēc atrašanās vieta telpā un slīpuma pret ekrānu. Neapvilktajos lodziņos- dalībnieki līdz 15° pret ekrānu. Ar šauru līniju- dalībnieki no 15°-30° slīpumā pret ekrānu. Dalībnieki, kuri sēdēja visslīpāk pret ekrānu, vairāk par 30°, ar platu līniju apvilktos lodziņos. Vietās, kur nav norādīti vērtības grādos pret ekrānu – neviens no dalībniekiem tur nesēdēja.

Salīdzinot šīs grupas savā starpā statistiski nozīmīga atšķirība bija dalībniekiem, kuri sēdēja līdz 15° slīpi pret ekrānu un grupai, kura sēdēja visslīpāk pret ekrānu novērtējot stimulu – 70° un + 70° ($p < 0,05$). Tāpat tika iegūta statistiski nozīmīga atšķirība starp dalībniekiem, kuri sēdēja 15°-30° slīpumā pret ekrānu un dalībniekiem, kuri sēdēja slīpāk par 30° pret ekrānu gadījumos, kad stimula slīpums bija -70° un +70° ($p < 0,05$) (skat. 2.15.att.). Novērtējot citus stimulus statistiski nozīmīga atšķirība netiek pierādīta ($p > 0,05$).

Grupa, kura sēdēja līdz 15° slīpumā no ekrāna -70° stimulu novērtēja $-41,2^\circ \pm SE 2,2^\circ$. Grup, kuras atrašanās vieta telpā bija no 15°-30° slīpuma pret ekrānu šo pašu stimulu novērtēja $-40,3^\circ \pm SE 2,5^\circ$. Grupa, kura sēdēja visslīpāk no visiem dalībniekiem, un to stimulu novērtēšanas leņķis pret ekrānu bija lielāks par 30°, novērtēja stimulu visprecīzāk, kā $-55,5^\circ \pm SE 2,3^\circ$. Statistiski nozīmīga atšķirība ir starp dalībniekiem, kuri sēdēja visslīpāk un dalībniekiem, kuri pret ekrānu bija slīpumā līdz 15° ($p < 0,05$). Statistiski nozīmīga atšķirība bija starp dalībniekiem, kuri sēdēja pret ekrānu slīpuma no 15°-30° un dalībniekiem, kuri bija vairāk nekā 30° slīpumā pret ekrānu ($p < 0,05$). Nav statistiski nozīmīgas atšķirības starp grupām līdz 15° slīpumā pret ekrānu un no 15° - 30° slīpumā pret ekrānu ($p > 0,05$).

Salīdzinot ar stimulu $+70^\circ$, grupa, kura sēdēja līdz 15° slīpumā pret ekrānu, novērtēja šo stimulu kā $+52,7^\circ \pm SE\ 2,2^\circ$. Grupa no 15° - 30° slīpumā pret ekrānu novērtēja līdzīgi $+52,9^\circ \pm 2,5^\circ$. Grupa, kura sēdēja visslīpāk no ekrāna novērtēja stimulu kā mazāk slīpu $+41,4^\circ \pm 2,7^\circ$. Statistiski nozīmīga atšķirība ir starp grupām līdz 15° slīpumā sēdošie un vairāk par 30° slīpi sēdošie pret ekrānu ($p < 0,05$). Statistiski nozīmīga atšķirība ir starp dalībniekiem, kuri bija grupā no 15° - 30° slīpumā pret ekrānu un dalībniekiem, kuri sēdēja vairāk par 30° slīpumā pret ekrānu ($p < 0,05$). Nav statistiski nozīmīgas atšķirības starp grupu, kur dalībnieki sēdēja gandrīz pretī ekrānam (līdz 15°) un grupu, kurā dalībnieki sēdēja slīpumā no 15° - 30° pret ekrānu ($p > 0,05$). Interesanti, ka dalībnieki, kuri sēdēja visslīpāk no rādītā stimula negatīvi vērstu stimulu novērtēja visprecīzāk, savukārt pozitīvi vērstu stimulu mazāk precīzi par pārējām grupām. (skat.2.17.att.) Izskaidrojums šai situācijai varētu būt, ka dalībnieku skaits, kuri pret ekrānu bija visslīpāk un atradās, skatoties pret ekrānu, labajā pusē, bija lielāks nekā to, kuri sēdēja pa kreisi no ekrāna. Lai precīzāk varētu novērtēt atrašanās vietas ietekmi, būtu jāveic papildus mērījumi, kur dalībnieki būtu vienādā skaitā abās pusēs no ekrāna.



2.17.att. Uz x ass dalībnieku sadalījums grupās pēc atrašanās vietas telpā, uz y ass subjektīvi noteiktais slīpums stimulam grādos. Ar punktotiem stabiņiem apzīmēts stimuls -70° , ar līnijām $+70^\circ$ stimuls.

DISKUSIJA

Pētījumā tika novērtēts, kā dalībnieks subjektīvi spēj noteikt stimula slīpumu divdimensionālā plaknē. Līdzīgu pētījumu veica arī *van Ee et al.* (2005), kur stimuli arī bija divdimensionālā plaknē, taču šajā gadījumā dalībniekam bija vizuāli jāattēlo kāds ir slīpums starp plakni, kas ir 0° un savērsto plakni. Dalībniekam bija jāatrodas tieši pretī stimulam, kas ir atšķirīgs no šī veiktā pētījuma. Lai gan tika izmantotas dažādas metodes, iegūtie rezultāti ir līdzīgi un kopumā dalībnieki abos pētījumos novērtē slīpumu mazāku nekā tas ir patiesībā. Pie tam, arī *Greenwald & Knill* (2009) pētījumā ieguva rezultātu, kur pie liela slīpuma precizitāte bija labāka nekā pie maziem. Tas apstiprinās arī šajā pētījumā, kur visām grupām precizitāte ir procentuāli lielāka pie stimuliem -70° un $+70^\circ$.

Līdzīgus rezultātus ieguva arī *Perrone* (1982), savā pētījumā tika izmantoti 3 dažādi mainīgi taisnstūra garumi (50cm, 25cm un 15cm), savukārt taisnstūra platums bija nemainīgs. Izmantojot īsāku taisnstūri tika iegūts precīzāki stimula novērtējums. Salīdzinot ar manis veikto pētījumu, taisnstūra garums bija nemainīgs, tomēr tika izvēlēts stimul, kas frontālā plaknē 0° ir kvadrāts.

Backus et al. (1999) minēja, ka ir vairāki faktori, kas spēj ietekmēt stimula slīpuma uztveršanu, piemēram, attālums starp stimulu un novērotāju, stimula tekstūra. Lai izvairītos no papildus faktoriem, kuri spēj ietekmēt rezultātus, šajā pētījumā tika izmantots stimul bez tekstūras. Šajā pētījumā dalībnieki apskatīja stimulus dažādos attālumos, tomēr stimula leņķiskais lielums bija pietiekošs, lai neradītu stimula uztveršanas problēmas, atšķirībā no *Hillis* (2004) pētījuma, gadījumos, kad dalībnieki pildīja testu lielā attālumā, arī stimul bija pietiekoši liels. Ja tiktu ņemts vērā stimula leņķiskais izmērs visiem dalībniekiem, iespējams rezultāti būtu citādi. Iespējams, ka dalībnieki, kuri sēdēja tālāk sniedza mazāk precīzas atbildes, bet to nav iespējams noskaidrot pārāk mazā dalībnieku skaita dēļ, kuri sēdēja tieši pretī ekrānam.

Erkelens (2013a) pētījumā tika izmantots gan divdimensionāls slīpums, gan trīsdimensionāls, to panākot ar plakni, kuru var rotēt ap savu asi. Papildus rādītam slīpam stimulam, arī plakne bija slīpa. Apskatot stimulu, kas bija uz plaknes, kuras savērsums ir 0° , tika iegūti līdzīgi rezultāti šim pētījumam. *Erkelens* (2013b) iegūtie rezultāti rāda, ka gadījumos, kad tiek rotēts ekrāns dalībnieki mazāk precīzi spēj novērtēt uz tā rādītā attēla slīpumu. Gadījumos, kad dalībniekus informē, ka ekrāna slīpumu var ignorēt tiek daudz

precīzāk novērtē attēla slīpumu. Autori to izskaidro ar uztveres konfliktu, kur vienā gadījumā jāņem vērā arī ekrāna slīpums, uzdevums ir grūtāks un nepieciešams ilgāks laiks, lai to novērtētu, otrā gadījumā, ignorējot ekrāna slīpumu, jābalstās uz konverģejošām līnijām.

Iepriekš pētījumos netika salīdzināti dažādu profesiju pārstāvju sniegtās atbildes uz stimuliem. Šis pētījums ir novitāte, un iegūtie rezultāti ir izmantojami turpmākiem pētījumiem par stimulu slīpumu novērtēšanu, piemēram, pētot atrašanās vietas ietekmi uz stimula novērtēšanu. Šajā pētījumā nebija galvenais mērķis, tomēr apstrādājot rezultātus, tiek iegūti dati, kuri varētu būt interesanti turpmākam pētījumam. Tāpat varētu tikt pētīta attāluma un tekstūras ietekme uz stimula slīpuma noteikšanu, tie ir pretrunīgi vērtēti starp dažādiem autoriem. Izmantojot divdimensionālu stimulu tekstūra neietekmē slīpuma uztveri, jo konverģētās līnijas jeb lineārā perspektīva tiek uztvertas kā galvenā pazīme (*Flock (1965); Freeman (1965), Rogers & Gyani (2010)*), kas ir pretēji *Backus et al. (1999)* apgalvojumam. *Knill & Saunders (2003)* apgalvo, ka pie maziem slīpumiem precīzākus datus sniedz stereopazīmes, savukārt pie lieliem slīpumiem virsmas tekstūra. Arī *Allison & Howard (2000)* novērtēja tekstūras un perspektīvas ietekmi uz stimulu slīpuma noteikšanu un ieguva rezultātus, kuri apstiprina jau iepriekšminēto par to, ka galvenā pazīme ir perspektīva, un, jo spēcīgāka ir šī pazīme, pastiprinot ietekmi ar papildus līnijām, kas rada perspektīvas sajūtu, jo grūtāk tādu pašu efektu panākt ar tekstūru.

Lai gan vairāki autori uzsver, ka galvenā pazīme stimula slīpuma noteikšanā ir perspektīva, noteikti interesanti būtu pētīt situāciju, kur tekstūra ir galvenais stimulš, tas varētu būt stimulš bez robežām, lai izslēgtu papildus perspektīvo līniju ietekmi.

Veicot šo pētījumu, un ievācot vairāk datus, varētu salīdzināt vīriešu un sieviešu slīpuma uztveri divdimensionālā plāknē. Šajā pētījumā tas nebija iespējams, jo dalībnieku dzimumu sadalījums nebija vienmērīgs un tā, kā galvenais uzdevums bija salīdzināt profesiju pārstāvju spēju precīzi noteikt slīpumu divdimensionāliem stimuliem, tad no arhitektiem galvenokārt pētījumā piedalījās vīrieši, savukārt optometrieti - pārsvarā sievietes. Iespējams, ka varētu būt novērojamas atšķirības.

Papildinot šo pētījumu ar datiem par dalībnieku atrašanās vietu telpā atkarībā no ekrāna, kā arī nosakot slīpumu, kādā dalībnieki sēž auditorijā, nākamais mērķis varētu būt izpētīt, kā slīpums pret ekrānu var ietekmēt rezultātus un vai tiem ir statistiski nozīmīga atšķirība. Šajā pētījumā tas tika pierādīts tikai 2 stimuliem. Varētu domāt, ka starpībai

vajadzētu būt arī pārējiem, bet tā kā papildus faktors, kas varētu ietekmēt rezultātus ir attālums starp dalībnieku un ekrānu. Iespējams, ka novēršot situāciju, kur katra dalībnieks sēž atšķirīgā attālumā no ekrāna, varētu tikt iegūts vēlams rezultāts.

SECINĀJUMI

- 1) Studenti, kuri studē arhitektūru, precīzāk spēj noteikt stimula slīpumu nekā optometrijas studenti un kontrolgrupa ($p < 0,05$).
- 2) Nav statistiski nozīmīgas atšķirības starp optometristiem maģistriem un bakalauriem slīpuma noteikšanā. ($p > 0,05$)
- 3) Starpība starp īsto leņķi un dalībnieka noteikto leņķi ir vismazākā arhitektiem ($p < 0,05$).
- 4) Dalībnieka atrašanās vieta telpā var ietekmēt rezultātus un slīpuma novērtējumu stimuliem -70° un $+70^\circ$ ($p < 0,05$).

NOBEIGUMS

Pētījumā tika iegūti no sākuma gaidītie rezultāti par dalībniekiem, kuriem bija vislielākā precizitāte novērtējot slīpumu, tātad arhitektiem. Salīdzinot ar pārējo grupu rezultātiem, tie krasi atšķīrās. Salīdzinot optometristus ar kontrolgrupu, tik nozīmīgi rezultāti netika iegūti, ko varētu izskaidrot ar to, ka slīpuma novērtēšana atšķiras no ikdienā lietotā proves rāmja un astigmātisma novērtēšanas.

Novērtējot starpību, ar kādu dažādu grupu dalībnieki nosaka stimula slīpumu, vismazākā amplitūda bija arhitektiem. Šādi dati galvenokārt bija svarīgi, lai varetu salīdzināt ne tikai precizitāti, ar kādu dalībnieki nosaka slīpumu, bet arī datu izkliedi.

Negaidīti rezultāti tika iegūti dalībniekiem, kuri tika iedalīti pēc atrašanās vietas telpā. Diemžēl tikai optometristi bakalauri tā tika sadalīti, un rezultāti parāda, ka tam ir ietekme uz to, kā tiek novērtēti divdimensionāli stimuli telpā.

Papildinot šo pētījumu, noteikti varētu pieaicināt vairāk dalībniekus, kurus sadalīt vienādās grupās pēc atrašanās vietas telpā, kā arī veidot grupas, kur dalībnieki sēž noteiktā slīpumā pret ekrānu gan labajā, gan kreisajā pusē.

PATEICĪBA

Paldies darba vadītājam Guntai Krūmiņai par padomiem un palīdzību darba izstrādes laikā!

Paldies dalībniekiem, kuri piedalījās pētījumā!

Paldies ģimenei, draugiem par atsaucību un atbalstu maģistra darba rakstīšanas procesā!

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

- Allison, R. S., Howard, I. P. (2000). Temporal dependencies in resolving monocular and binocular cue conflict in slant perception. *Vision Research* 40, 1869–1886
- Backus, B. T., Banks, M. S., van Ee, R., Crowell, J. A. (1999). Horizontal and vertical disparity, eye position, and stereoscopic slant perception. *Vision Research* 39, 1143-1170.
- Bradswaw, M. F., Hibbard, P. F., Gillam, B. (2002). Perceptual latencies to discriminate surface orientation in stereopsis. *Perception & Psychophysics*, 64, 32-40
- Brouwer, G. J., Tong, F., Hagoort, P., van Ee, R. (2009). Perceptual Incongruence Influences Bistability and Cortical Activation. *PLoS ONE* 4(3).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0005056>
- Dean, A. M., Oh, J., Thomson, C. J., Norris, C. J., Durgin, F. H. (2016). Do Individual Differences and Aging Effects in the Estimation of Geographical Slant Reflect Cognitive or Perceptual Effects?
Pieejams: <http://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/2041669516658665>
- Durgin, F. H., Li, Z., Hajnal, A. (2010). Slant perception in near space is categorically biased: Evidence for a vertical tendency. *Attention, Perception, & Psychophysics* 72, 1875 – 1889.
- Eby, D. W. & Braunstein, M. L. (1995). The perceptual flattening of three-dimensional scenes enclosed by a frame. *Perception* 24, 981-993.
- Erkelens, C. J. (2013a). Virtual slant explains perceived slant, distortion, and motion in pictorial scenes. *Perception* 42, 253-270.
- Erkelens, C. J. (2013b). Computation and measurement of slant specified by linear perspective. *Journal of Vision* 13, 1–11.
- Flock, H. (1965). Optical texture and linear perspective as stimuli for slant perception. *Psychological Review*, 72, 505-514.
- Freeman, R. B. JR., (1965). Ecological optics and visual slant. *Psychological Review* 72, 501-504.
- Gibson, J. J. (1950). The perception of visual surfaces. *The American Journal of Psychology* 63, 367-384.
- Gibson, J. J. & Cornsweet, J. (1952). The perceived slant of visual surfaces-optical and geographical. *Journal of Experimental Psychology* 44, 11-15.

- Gillam, B., Blackburn, Sh., Brooks, K. (2007). Hinge versus twist: The effects of reference surfaces and discontinuities on stereoscopic slant perception. *Perception* 36, 596 – 616.
- Gillam, B., Pianta, M. J. (2005). The effect of surface placement and surface overlap on stereo slant contrast and enhancement. *Vision Research* 45, 3083–3095.
- Greenwald, H. S., Knill, D. C. (2009). Orientation disparity: a cue for 3D orientation? *Neural Computation* 21, 2581-2604.
- Hillis, J.M., Watt, S.J., Landy, M.S., Banks, M.S. (2004). Slant from texture and disparity cues: Optimal cue combination. *Journal of Vision* 4, 967-992
- Knapen, T., Van Ee, R. (2006). Slant perception, and its voluntary control, do not govern the slant aftereffect: Multiple slant signals adapt independently. *Vision Research* 46, 3381 – 3392.
- Knill, D. C. & Saunders, J. A. (2003). Do humans optimally integrate stereo and texture information for judgments of surface slant? *Vision Research* 43, 2539–2558
- Proffitt, D. R., Bhalla, M., Gossweiler, R., Midgett, J. (1995). Perceiving geographical slant. *Psychonomic Bulletin & Review* 2, 409 – 428.
- Ryan, C., Gillam, B. (1994). Cue conflict and stereoscopic surface slant about horizontal and vertical axes. *Perception* 23, 645 – 658.
- Van Ee, R., Van Dam, L. C. J., Erkelens, C. J. (2002). Bi-stability in perceived slant when binocular disparity and monocular perspective specify different slants. *Journal of Vision* 2, 597 – 607.
- Van der Ee, R., Krumin, G., Pont, S., Van der Ven, S. (2005). Voluntarily controlled bi-stable slant perception of real and photographed surfaces. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 272, 141 – 148.
- Wardle, S. G. & Gillam B. J. (2016). Gradients of relative disparity underlie the perceived slant of stereoscopic surfaces. *Journal of Vision* 16, 1–13.
- Zalevski, A. M., Henning, G. B., Hill, N. J. (2007). Cue combination and the effect of horizontal disparity and perspective on stereoacuity. *Spatial Vision* 20, 107–138.

PIELIKUMI

1. PIELIKUMS

Atbilžu lapas paraugs



Piemērs: $0. + 60^\circ$

	Leņķis
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	
7.	

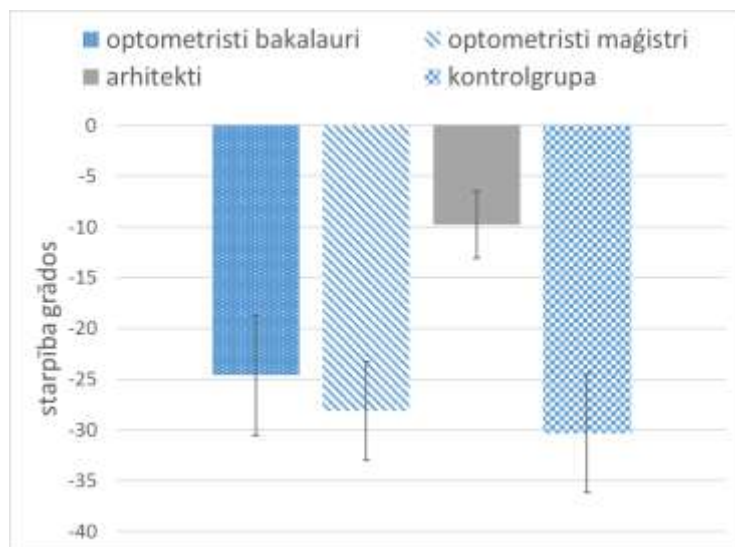
	Leņķis
8.	
9.	
10.	
11.	
12.	
13.	
14.	

	Leņķis
15.	
16.	
17.	
18.	
19.	
20.	
21.	

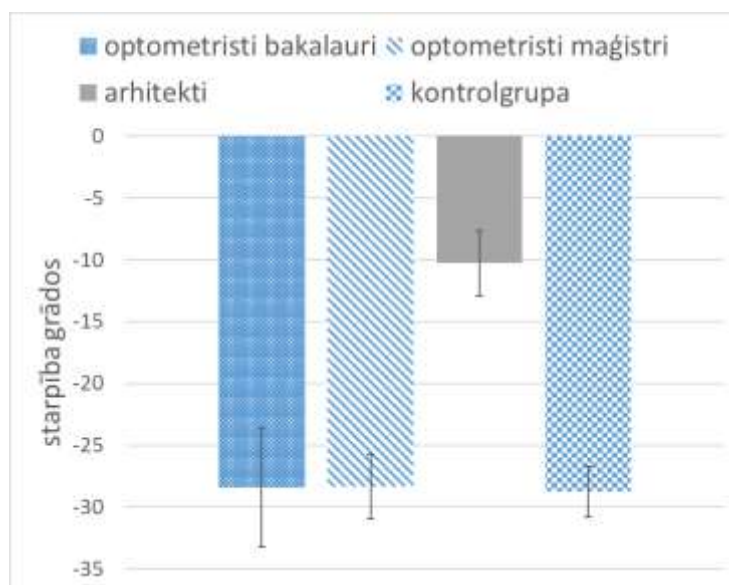
	Leņķis
22.	
23.	
24.	
25.	
26.	
27.	
28.	

2. PIELIKUMS

Papildinājums 2.13.attēlam.

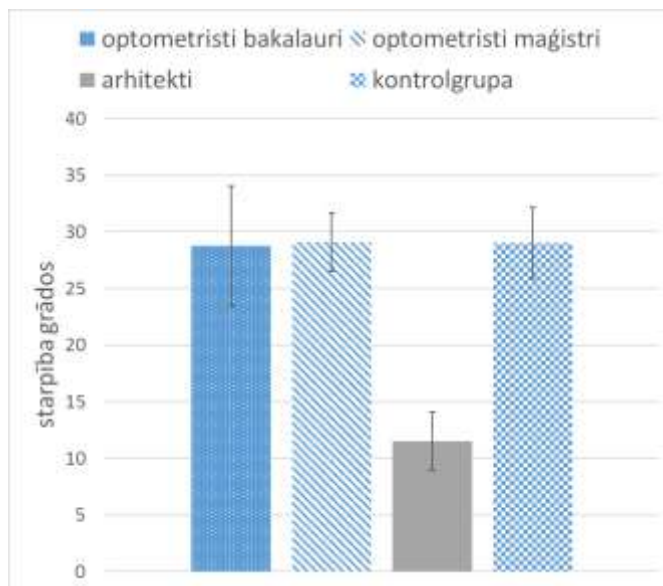


2.13a. att. Optometristu bakalauru, maģistru, arhitektu un kontrolgrupas starpības vidējās vērtības stimulam -70° .

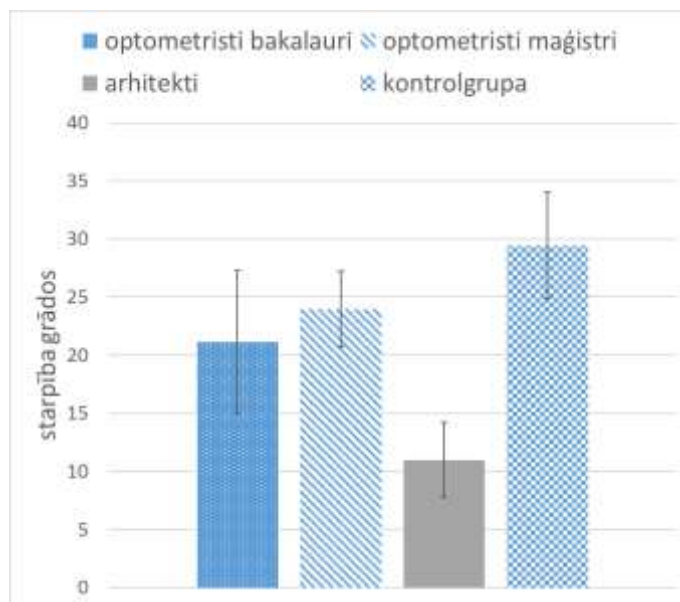


2.13b. att. Optometristu bakalauru, maģistru, arhitektu un kontrolgrupas starpības vidējās vērtības stimulam -50° .

Novērtējot pozitīvi vērstus leņķus, tika ievērota šī pati formula, kur no īstās stimula vērtības tiek atņemta subjektīvi noteiktā. Tā kā dalībnieki stimulu slīpumu noteica mazāku, tad pie pozitīvi vērstiem stimuliem vērtības ir ar + zīmi. Papildinājums 2.14.attēlam.



2.14a. att. Optometristu bakalauru, maģistru, arhitektu un kontrolgrupas starpības vidējās vērtības stimulam +50°.



2.14b. att. Optometristu bakalauru, maģistru, arhitektu un kontrolgrupas starpības vidējās vērtības stimulam +70°.

Maģistra darbs „Divdimensionāla stimula slīpuma uztvere” izstrādāts LU Fizikas un matemātikas fakultātē.

Ar savu parakstu apliecinu, ka pētījums veikts patstāvīgi, izmantoti tajā norādītie informācijas avoti un iesniegtā darba elektroniskā kopija atbilst izdrukai.

Autors: Signija Pore

Rekomendēju/nerekomendēju darbu aizstāvēšanai

Vadītāja: prof. Dr. phys. Gunta Krūmiņa

29.05.2017

Recenzents: lektore, Dr.phys. Ieva Timrote

Darbs iesniegts Optometrijas un redzes zinātnes nodaļā _____

Dekāna pilnvarotā persona: metodiķe Dzintra Holsta

Darbs aizstāvēts Valsts gala pārbaudījuma komisijas sēdē

_____ .prot.Nr. _____

Komisijas sekretārs: doc. Dr. fiz. Pēteris Cikmačs