

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
DATORIKAS FAKULTĀTE

ATTĒLUZLABOŠANAS PERSONALIZĀCIJA

MAĢISTRA DARBS

Autors: **Laima Kalniņa**

Stud. apl. Nr. lk19052

Darba vadītājs: Profesors Dr.phil. Jurgis Šķilters

RĪGA 2021

ANOTĀCIJA

Darba mērķis ir izpētīt attēlu apstrādes personalizācijas iespējas un izstrādāt eksperimentālu aptauju ar attēlu uzlabošanas personalizācijas iespējām, kā arī analizēt aptaujā iegūtos datus.

Izpētot aktuālus attēlu apstrādes risinājumus, tika noteiktas to priekšrocības un trūkumi, tika aprakstītas lietotāja iespējas personalizēt attēlu apstrādi un nepieciešamība pēc personalizācijas. Tika apskatītas metodes, ar kuru palīdzību iespējams realizēt attēlu uzlabošanas personalizāciju, kā arī apskatīti vairāki veidi lietotāja attēlu apstrādes stila noteikšanai.

Darba praktiskajā daļā tika izveidota eksperimentāla attēlu uzlabošanas aptauja. Analizējot iegūtos datus tika noteiktas atšķirības starp dažādam lietotāju grupām. Tika iegūts pozitīvs lietotāju vērtējums personalizācijas algoritmam un nepieciešamībai pēc attēlu uzlabošanas personalizācijas lietotnēs.

Atslēgas vārdi: attēlu uzlabošana, attēlu apstrāde, personalizācija, attēlu uztvere

ABSTRACT

Title: Image Enhancement Personalization

The goal of this work is to explore image personalization options, develop an experimental survey using image enhancement personalization and to analyse the gathered data.

By comparing popular image processing software, their advantages and disadvantages were defined. User personalization features and the necessity for personalization of image enhancement were discussed. Methods for the technical execution of image enhancement and user preference determination were described.

In the practical part of the work an experimental survey was developed. Differences in different user groups were discovered by analysing the gathered data. Positive rating for the personalization algorithm and the necessity of image enhancement personalization was given by the users.

Key words: Image enhancement, image processing, personalization, image perception

AUTOREFERĀTS

Maģistra darbs “Attēluzlabošanas personalizācija” izpēta attēlu apstrādes personalizācijas teorētisko un tehnisko realizāciju, kā arī analizē cilvēku attēlu apstrādes izvēles.

Attēluzlabošanas personalizācijas joma šobrīd ir aktuāla pētījumu tēma, jo aktīvi notiek darbs pie dažādu personalizācijas algoritmu izveides, taču šajos pētījumos lietotāju attēlu apstrādes izvēļu analīze tiek veikta minimāli, kas ir maģistra darba galvenais fokuss.

Darba teorētiskajā daļā tika apskatītas aktuālas attēlu apstrādes lietotnes. Vispārīgi tika aprakstītas metodes, kas tehniski ļauj realizēt attēluzlabošanas personalizāciju. Balstoties uz zinātniskiem pētījumiem tika plaši apskatīti dažādi veidi kā noteikt lietotāja attēluzlabošanas stilu, kā arī metožu priekšrocības un trūkumi.

Praktiskā darba daļa ietver eksperimentālas attēluzlabošanas aptaujas izveidi, kas ļāva iegūt datus par lietotāju attēluzlabošanas izvēlēm. Salīdzinājumā ar citiem pētījumiem, eksperimentālajā aptaujā tika iekļauts lielāks skaits ar attēlu apstrādes funkcijām, kas lietotāju novērtējumā tika atzītas par viegli lietojamām un ļāva lietotājiem sasniegt savu attēlu apstrādes stilu. Attēluzlabošanas personalizācijas algoritma izveide sagādāja vislielākās grūtības, tāpēc šis algoritms tika vienkāršots, neskatoties uz to, tā darbība tika novērtēta pozitīvi no aptaujas respondentu puses. Eksperimentālās aptaujas izlases kopa sastāv no 71 respondentiem, respondentu skaits ļāva novērtēt lietotāju attēluzlabošanas izvēles, taču lielāks respondentu skaits sniegtu plašāku ieskatu lietotāju grupu atšķirībās.

Iegūto attēluzlabošanas datu analīzē tika detalizēti apskatīta katra attēlu apskates funkcija gan no funkcijas vērtību izvēles biežuma, gan lietotāju vidējo rezultātu, gan izvēlēto attēlu vidējo uzstādījumu puses. Iegūtie rezultāti ir atspoguļoti vizuāli un ļauj lasītājam viegli novērtēt atšķirības lietotāju grupu attēlu apstrādes izvēlēs.

Citu autoru idejas un attēli atzīmēti ar atsaucēm uz literatūras avotiem.

SATURA RĀDĪTĀJS

APZĪMĒJUMU SARAKSTS	7
IEVADS	8
1. AKTUĀLI ATTĒLU APSTRĀDES RISINĀJUMI.....	9
2. NEPIECIEŠAMĪBA PĒC PERSONALIZĀCIJAS	12
3. PERSONALIZĀCIJAS TEHNISKĀ REALIZĀCIJA	15
3.1. Līdzības metrikas mācīšanās.....	15
3.2. Konvolūciju neironu tīkli.....	16
4. PERSONALIZĀCIJAS IESPĒJAS.....	17
4.1. Lietotāja attēlu apstrādes stila noteikšana.....	17
4.1.1. Attēlu atlase	17
4.1.2. Attēlu apstrāde.....	18
4.1.3. Progresīvā mācīšanās	20
4.2. Kolektīvā attēlu apstrāde	21
5. EKSPERIMENRĀLAS LIETOTĀJU APTAUJAS IZVEIDE	22
5.1. Aptaujas tehniskā realizācija.....	22
5.1.1. Aptaujas uzbūve	22
5.1.2. Attēlu apstrādes funkcijas	23
5.1.3. Attēlu uzlabošanas personalizācijas algoritms	24
5.1.4. Lietotāja saskarne	25
5.1.5. Datu glabāšana	26
5.2. Attēlu atlase	27
5.3. Izlases kopa.....	28
6. ATTĒLUZLABOŠANAS REZULTĀTU ANALĪZE	32
6.1. Attēlu uzlabošanas funkciju lietojuma analīze	32
6.1.1. Attēla gaišuma funkcijas	33
6.1.2. Attēla krāsu funkcijas	35

6.1.3.	Atsevišķu krāsu funkcijas.....	36
6.2.	Lietotāju vidējie rezultāti	41
6.2.1.	Attēla gaišuma funkcijas	41
6.2.2.	Attēla krāsu funkcijas	42
6.2.3.	Atsevišķu krāsu funkcijas.....	43
6.3.	Attēluzlabošanas funkciju lietojums starp attēliem	45
6.3.1.	Attēla gaišuma funkcijas	46
6.3.2.	Attēla krāsu funkcijas	48
6.3.3.	Atsevišķu krāsu funkcijas.....	49
7.	EKSPERIMENTĀLĀS APTAUJAS NOVĒRTĒJUMS	54
7.1.	Attēluzlabošanas funkciju novērtējums	54
7.2.	Personalizācijas algoritma novērtējums.....	56
7.3.	Attēluzlabošanas personalizācijas nepieciešamības novērtējums.....	60
	REZULTĀTI.....	61
	SECINĀJUMI.....	62
	IZMANTOTĀ LITERATŪRA UN AVOTI.....	63

APZĪMĒJUMU SARAKSTS

Līdzības metrikas mācīšanās - Distance metric learning

Sensoru novietojuma problēma - Sensor placement problem

IEVADS

Ar vien lielāku uzmanību gūstot fotokamerām mobilajos telefonos un fotokamerām kļūstot ar vien pieejamākām, arī lietotājiem bez īpašām zināšanām fotogrāfijā ir iespējams uzņemt fotoattēlus. Taču nozīmīgs solis subjektīvi labas fotogrāfijas iegūšanai ir attēlu apstrāde, kas lietotājiem var sagādāt grūtības, it īpaši ja lietotājam nav pieredzes fotogrāfijā un attēlu apstrādē. Attēlu apstrādi apgrūtina arī liels fotogrāfiju skaits, jo, neskatoties uz attēlu apstrādes veidu, fotogrāfijas nereti nepieciešams apstrādāt manuāli.

Šobrīd ir pieejami vairāki attēlu apstrādes risinājumi, taču šīs lietojumprogrammas galvenokārt piedāvā vienkāršu attēla stilizāciju izmantojot dažādus attēlu filtrus vai ļauj lietotājam manuāli izvēlēties atsevišķus attēla iestatījumus. Lietotnes, kas piedāvā dažādu attēla filtru izvēli, ir viegli lietot, taču attēlu apstrādes stili ir iepriekš izveidoti un nesniedz iespēju lietotājam tos pielāgot savām vēlmēm. Savukārt risinājumi, kas prasa manuālu uzstādījumu izvēli vairāk tiek izmantoti profesionāļu vidū, jo to izmantošana prasa iemaņas un zināšanas attēlu apstrādē, kā arī tas mēdz būt laikietilpīgs process.

Bakalaura darbā [1] tika apskatītas dažādas mobilas lietotnes, kas ļauj lietotājam saglabāt attēlu apstrādes iestatījumus, kā arī izstrādāta lietotne *Android* platformai ar šādu funkcionalitāti, taču manuāla attēlu apstrādes soļu saglabāšana, lai gan sniedz daļējas personalizācijas iespējas, joprojām prasa lielu piepūli no lietotāja un neņem vērā attēla īpatnības vai lietotāja vēlamā attēla apstrādes stila maiņu laika gaitā. Tāpēc šī darba ietvaros tiks turpināts darbs attēlu apstrādē un tiks izpētītas iespējas izmantot personalizācijas iespējas attēlu apstrādē.

Darba mērķis ir izpētīt attēlu apstrādes personalizācijas iespējas un izstrādāt eksperimentālu aptauju ar attēlu uzlabošanas personalizācijas iespējām, kā arī analizēt aptaujā iegūtos datus.

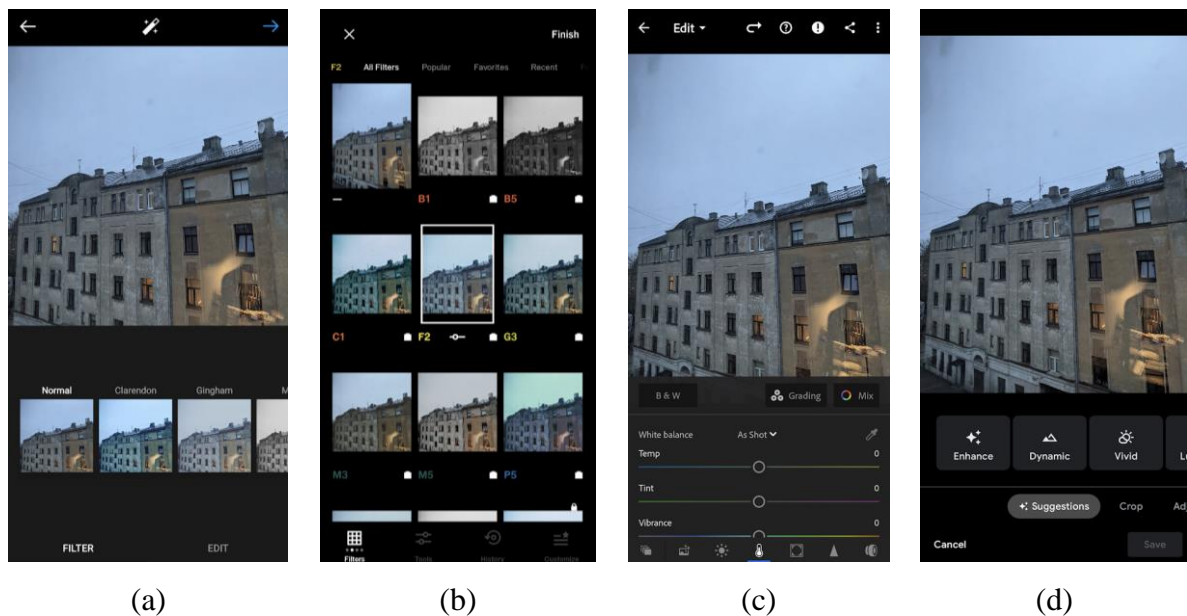
Maģistra darba mērķa sasniegšanai tika izvirzīti šādi darba uzdevumi:

1. Apskatīt aktuālās attēlu apstrādes programmas, veikt to salīdzinājumu, kā arī novērtēt priekšrocības un trūkumus;
2. Noteikt dažādus lietotāju attēlu apstrādes paradumus, apskatīt attēlu apstrādes personalizācijas nepieciešamību;
3. Veikt tehnisku attēlu apstrādes personalizācijas risinājumu izpēti;
4. Izpētīt dažādus lietotāja stila noteikšanas veidus, noteikt to priekšrocības un trūkumus;
5. Izveidot eksperimentālu attēlu uzlabošanas aptauju ar personalizācijas algoritmu;
6. Analizēt aptaujā iegūtos attēlu uzlabošanas un respondentu novērtējuma datus.

1. AKTUĀLI ATTĒLU APSTRĀDES RISINĀJUMI

Attēlu apstrādes lietotnes lietotājiem piedāvā vairākas attēlu apstrādes iespējas, piemēram, lietotnes, kas specializējas portretu fotogrāfiju apstrādē vai retro stila fotogrāfiju apstrādē. Darba ietvaros tiks apskatītas lietotnes, kas ļauj lietotājam mainīt dažādus attēlu raksturojošus parametrus, piemēram attēla spožumu, kontrastu un krāsu piesātinājumu.

Attēlu apstrādes lietotnes iespējams iedalīt sagraujošā un nesagraujošā attēlu apstrādē (no angļu val. *destructive / non-destructive editing*) [2]. Sagraujoša attēlu apstrāde izmaiņas veic uz attēla un pēc attēla saglabāšanas nav iespējams mainīt tā uzstādījumus. Taču negraujošā attēlu apstrāde tiek saglabāti mainītie attēla iestatījumi, tāpēc lietotājam ir iespējams atgriezties pie uzstādījumiem arī pēc attēla saglabāšanas. Nesagraujošas attēlu apstrādes lietotnes parasti iekļauj attēlu organizēšanas funkcionalitāti, tāpēc tās ir piemērotākas lietotājiem, kam nepieciešams apstrādāt lielu attēlu daudzumu. Turpmāk tiks apskatītas viena sagraujoša attēlu apstrādes lietotne (*Instagram*) un trīs nesagraujošas attēlu apstrādes lietotnes (*VSCO*, *Adobe Lightroom* un *Google Photos*). Informācija, par lietotnēm tika iegūta no *Android* platformas lietotņu veikala “*Google Play*”.



(a)

(b)

(c)

(d)

1.1. att Attēlu apstrādes lietotņu saskarnes:

(a) *Instagram*, (b) *VSCO*, (c) *Adobe Lightroom mobile*, (d) *Google Photos*

Mobilajā platformā ļoti plaši izplatītas ir lietotnes, kas piedāvā dažādu filtru attēlu apstrādi, šīs lietotnes ir viegli lietot, jo tās izmanto vizuālu attēlu apstrādes efekta reprezentāciju, tādejādi lietotājas var uzskatāmi izvēlēties sev tīkamu stilu (sk. 1.1.att. a un b).

Taču šīs lietotnes bieži satur lielu filtru skaitu, padarot viena stila izvēli sarežģītu un laikietilpīgu. Papildus tām ir dažādas attēlu apstrādes pamatfunkcijas, taču tās neļauj pielāgot apstrādes stilu, ko galvenokārt ietekmē izmantotais filtrs. Tas ir viens no iemesliem kāpēc eksistē liels skaits dažādu attēlu apstrādes filtru lietotņu un lietotāju izvēle bieži vien ir starp dažādām lietotnēm nevis dažādiem stiliem.

Lietotne *Instagram* (sk. 1.1.att. a) pilda ne tikai sociālā tīkla funkciju, bet ļauj lietotājam veikt attēla apstrādi pirms tā publicēšanas. Lietotnei uzsākot darbu, tā bija paredzēta lai lietotāji varētu izvēlēties vēlamu filtru viegli un ātri, taču, pakāpeniski pievienojot ar vien vairāk attēlu filtru un funkciju, lietotājam veikt attēla apstrādi kļūst ar vien sarežģītāk.

Mobilajā attēlu apstrādes lietotnē *VSCO* apvienotas gan dažādas filtru iespējas, gan vairākas attēlu apstrādes funkcijas. Lielā attēlu apstrādes skaita dēļ, lietotnē ir realizēti 4 dažādas filtru izvēles saskarnes (sk. 1.1.att. b), kas ļauj lietotājam efektīvāk veikt filtru izvēli.

Attēlu apstrādes lietotnē *Adobe Lightroom* attēlu apstrāde notiek lietotājam veicot dažādu attēlu raksturojošu parametru izmaiņu izmantojot dažādus slīdņus, lietotnei pieejama gan mobila versija (sk. 1.1.att. c), gan uz datora lietojama versija. Attēlu apstrāde izmantojot dažādas attēlu apstrādes funkcijas sniedz iespēju lietotājam mainīt atsevišķus attēla parametrus, taču, lai to lietotu nepieciešamas zināšanas un izpratne par funkciju darbībām. Lielā funkciju skaita un dažādo izvēļu dēļ, šāda veida lietotnes ir grūti apgūt un katra attēla apstrāde ir laikietilpīgs process. Lai gan atsevišķu attēlu apstrādē atsevišķu parametru mainīšana nesagādā sevišķas grūtības, pieaugot fotoattēlu skaitam šāda attēlu apstrāde aizņem daudz resursu, gan lietotāja ieguldītā laika, gan darba ziņā. Ar šādu problēmu saskarās profesionāli fotogrāfi, kas uzņem lielu apjomu fotogrāfiju un vēlas katru fotogrāfiju apstrādāt pēc saviem ieskatiem.

Lai pielāgotos lietotāja stilam vairākas lietotnes, piemēram, *Adobe Lightroom* un *VSCO*, ir izveidojušas iespēju saglabāt attēlu apstrādes soļus, lai lietotājam būtu iespēja tos izmantot citiem attēliem. Lai gan šī funkcija atvieglo vairāku attēlu apstrādi, tā neņem vērā dažādu attēlu īpatnības, uzstādījumu saglabāšana prasa manuālu uzstādījumu izvēli no lietotāja puses un to izmantošana var būt sarežģīta. Izmantojot šo funkciju lietotājs nonāk daudz tuvāk vēlamajam attēlu apstrādes rezultātam, taču lietotājam joprojām nepieciešams koriģēt vairākus attēla uzstādījumus lai pabeigtu attēlu apstrādi.

Atšķirīga pieeja ir lietotnei *Google Photos*, lietotājam vispirms tiek ieteikti dažādi attēlu apstrādes stili atkarībā no attēla, kas tiek apstrādāts (sk.1.1. att. d). Atkarībā no izvēlēta stila tiek izvēlēti atbilstoši automātiskie uzstādījumi un attēla filtrs, rezultātā lietotājam ir iespēja izvēlēties kādu no piedāvātajiem stiliem un to koriģēt pēc savām vēlmēm. Lai gan piedāvātie stili tiek piedāvāti atkarībā no attēla, lietotājam nav iespējams ietekmēt piedāvātos rezultātus, tāpēc ne viesiem lietotājiem piedāvātie stili ļaus sasniegt lietotāja attēlu apstrādes mērķi.

Iespēja izmantot automātiskus attēlu apstrādes uzstādījumus ir atrodama gandrīz katrā attēlu apstrādes lietotnē, taču to rezultātus nav iespējams pielāgot lietotāja attēlu apstrādes vēlmēm, tāpēc šī funkcija nav populāra lietotāju vidū, ko pierāda arī iepriekš veiktā attēlu apstrādes lietotņu funkciju novērtējums [1]. Pētījumi attēlu apstrādes personalizācijas jomā arī norāda lietotāju atšķirīgos attēlu stilus un norāda uz lielu atšķirību starp automātisko attēlu apstrādes uzstādījumu rezultātu un lietotāja apstrādātu attēlu [3] [4].

2. NEPIECIEŠAMĪBA PĒC PERSONALIZĀCIJAS

Attēlu apstrādē nav vienas pareizās atbildes, fotogrāfiju iespējams apstrādāt vairākos veidos, tādējādi iegūstot dažādus attēlu apstrādes rezultātus.

Daudzi attēlu apstrādes pētījumi attēlu uzlabošanas personalizācijā izmanto *MIT-Adobe FiveK* attēlu datu kopu [5]. Datu kopa satur 5000 fotogrāfiju oriģinālus, kas satur informāciju par izmantoto fotoaparātu sensoru un fototehniku. Papildus pieci dažādi fotogrāfijas jomas eksperti apstrādāja katru fotogrāfiju (sk. 2.1. att.). Rezultātā iegūta apjomīga datu kopa, kas satur gan oriģinālos attēlus, gan piecas dažādas ekspertu versijas, kas ietver arī visus attēlu apstrādes soļus, kas veikti programmā *Lightroom*. Attēliem ir norādīta arī kategorija, gaismas veids (piemēram, mākslīga vai saules gaisma) un atrašanās vieta (iekštelpās vai ārā).

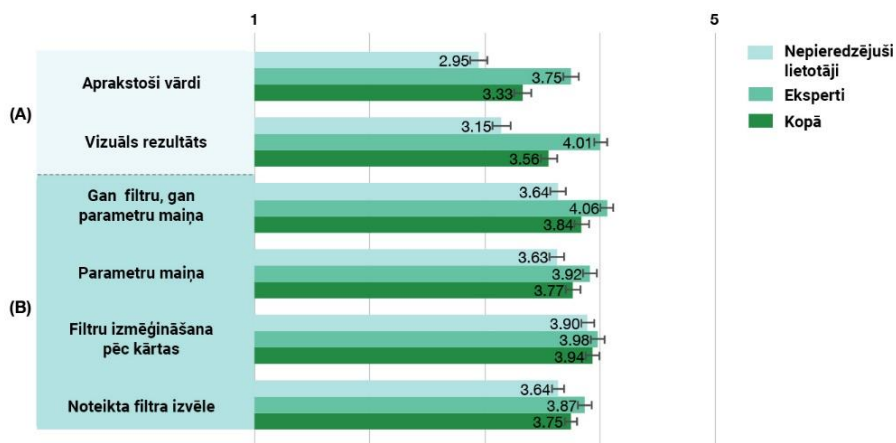


2.1. att. Dažādu ekspertu attēlu apstrādes salīdzinājums [5]:

(a) Oriģināls un (b - f) ekspertu apstrādātie attēli

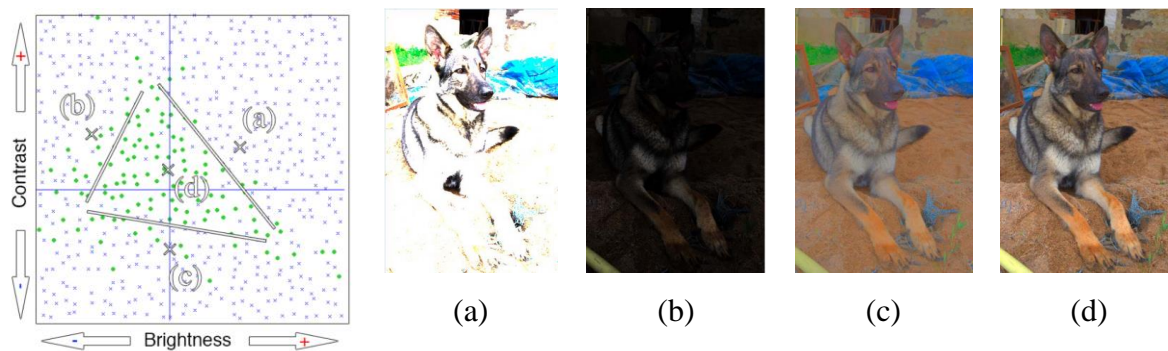
Lietotāju attēlu apstrādes paradumi tika noteikti [6] pētījumā. Tā ietvaros tika veikta 225 respondentu atbildes par attēlu apstrādes lietotņu lietošanas parametriem (2.2. att.). Respondenti tiks sadalīti ekspertos un cilvēkos, kas nav eksperti fotogrāfiju apstrādē. Ļoti būtisks ir jautājums par to, vai lietotājam ir noteikts attēlu apstrādes rezultāts pirms sāk attēlu apstrādi. Redzama salīdzinoši liela atšķirība starp ekspertiem un cilvēkiem, kas nav eksperti, lietotāji bez attēlu apstrādes pieredzes šim procesu izpilda eksperimentālā veidā. Šo apgalvojumu apstiprina arī vaicājums, vai lietotāji izmēģina attēlu apstrādes filtrus pa vienam, redzams, ka tas ir augstākais rādītājs neprofesionālu lietotāju vidū šajā aptaujā. Attēlu apstrādes filtru pieaugums dažādās lietotnēs iespējams apgrūtinā šādu attēlu apstrādes veidu. Savukārt

eksperti vispozitīvāk atbildēja uz jautājumu, vai tiek izmantoti gan attēlu apstrādes filtri, gan attēla parametru maiņa. Tas parāda, ka eksperti bieži izmanto gan attēla filtrus, gan parametru maiņu, lai sasniegtu savu vēlamo attēlu apstrādes rezultātu.



2.2. att. Aptaujas rezultāti par attēlu apstrādes paradumiem [6]

Par to, ka ir vairāki veidi, kā apstrādāt fotogrāfiju un, ka dažādi lietotāji izvēlas dažādus attēlu apstrādes stilus tika pētīts *“Predicting Range of Acceptable Photographic Tonal Adjustments”* [7]. Pētījumā tika iegūti dati no respondentiem, kas attēlus ar dažādiem attēla spilgtuma un kontrasta uzstādījumiem atzīmēja kā pieņemamas vai nepieņemamas. Rezultātā tika iegūta konkrēto attēlu apstrādes uzstādījumu telpa, kurā iespējams noteikt robežu starp pieņemamiem un nepieņemamiem attēlu apstrādes uzstādījumiem. Attēlu apstrādes uzstādījumu telpas piemērā (sk. 2.3. att.) iespējams novērot ar zaļu krāsu atzīmētos pieņemamos attēla uzstādījumus, kā arī ar zilu atzīmētos nepieņemamos uzstādījumus. Pētījumā tika noteikts, ka nepieņemamos uzstādījumus var noteikt trīs kategorijās: pārāk gaiši attēli (sk. 2.3. att. a), pārāk tumši attēli (sk. 2.3. att. b) un attēli ar pārāk zemu kontrastu (sk. 2.3. att. c). Izmantojot mašīnmācīšanos, šie dati tika izmantoti lai apmācītu modeli paredzēt citiem attēliem pieņemamus uzstādījumus. Salīdzinot izveidotā modeļa rezultātus ar vidējajiem attēlu apstrādes iestatījumiem, tika secināts, ka izveidotais modelis iekļauj vairāk pieņemamus attēlu apstrādes uzstādījumus, kā arī iekļauj mazāk nepieņemamus attēlu apstrādes iestatījumus.



2.3. att. Datu kopas rezultāti un daži no attēlu piemēriem:

(a) pārāk gaišs, (b) pārāk tumšs, (c) zema kontrasta un (d) oriģināls attēls

Lai gan pētījumā tika noteikti pieņemamie attēlu apstrādes uzstādījumi, netika noteikts vai lietotāji kopumā ir apmierināti ar attēlu apstrādes rezultātiem, kā piemēru iespējams minēt gadījumus, kad lietotāji attēlus ar ekstrēmamiem uzstādījumiem atzina kā pieņemamus. Tā kā šajā gadījumā lietotāju vērtējums nebija līdzīgs, respondentiem tika vaicāts attēlus ar šāda veida uzstādījumiem norādīt kā nederīgus, kas iespējams ierobežo lietotāju izvēles.

3. PERSONALIZĀCIJAS TEHNISKĀ REALIZĀCIJA

Attēluzlabošanas personalizācijas risinājumi bieži izmanto ideju, ka līdzīgiem attēliem nepieciešami līdzīgi attēlu apstrādes uzstādījumi. Šai pamatidejai ir dažādas realizācijas variācijas un dažādas metodes kā to realizēt. Šajā nodaļā tiks apskatītas līdzības metrikas mācīšanās (no angļu val. *distance metric learning*) un konvolūciju neironu tīkli.

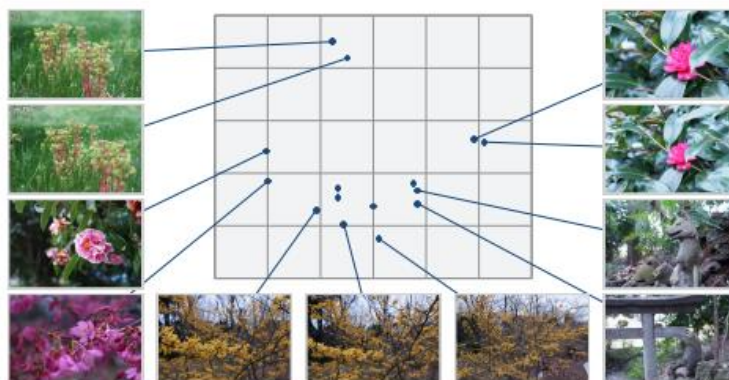
3.1. Līdzības metrikas mācīšanās

Līdzības metrikas mācīšanās vispārīgā nozīmē palīdz noteikt līdzību starp datiem. Šo metodi iespējams pielietot atpazīšanas vai kategorizācijas uzdevumos. Atkarībā no līdzības metrikas izvēles iespējams šo metodi pielāgot dažādu līdzību noteikšanai, piemēram, sejas atpazīšanas uzdevumam līdzības metrikā iespējams iekļaut sejas raksturiezīmes. Savukārt, ja uzdevums ir noteikt cilvēka emocijas, iespējams līdzības metrikā iekļaut uzacu, mutes un vaigu pozīciju [8].

Attēluzlabošanas personalizācijas jomā šo metodi izmanto, lai noteiktu līdzību starp attēliem. Izmantojot līdzības metrikas mācīšanos iespējams iegūt attēlu raksturiezīmju telpu, kurā attālums starp līdzīgiem attēliem ir mazāks nekā attālums starp atšķirīgiem attēliem [9]. Rezultātā, attēli, kuriem nepieciešami līdzīgi attēluzlabošanas rezultāti atrodas tuvu viens otram.

Līdzības metrika paredz vairāku attēlu raksturojošu iezīmju apvienošanu [3]. Iezīmes, kas tiek izmantotas, lai veidotu līdzības metriku dažādos pētījumos atšķiras, piemēram, pētījumā “*Personalization of Image Enhancement*” divu attēlu līdzības metrikas noteikšanai tiek izmantoti 38 dažādi parametri, starp tiem ir dažādu krāsu sistēmu histogrammu atšķirības.

Izmantojot iepriekš iegūto attēlu līdzības metriku iespējams noteikt atbilstošās koordinātes katram attēlam koordināšu telpā. Koordināšu telpā līdzīgāki attēli tiek novietoti tuvāk, rezultātā attēliem, kas telpā ir tuvāk vistīcāmāk būs līdzīgi attēlu apstrādes uzstādījumi (sk. 3.1.att) [10].



3.1. att. Raksturiezīmju telpas piemērs [10]

Risinājumi, kas izmanto līdzības metrikas mācīšanos, ļauj iegūt attēlu apstrādes parametru vērtības, rezultātā šos risinājums iespējams kombinēt ar jau eksistējošiem attēlu apstrādes risinājumiem [3].

3.2. Konvolūciju neironu tīkli

Uztverot attēlu apstrādi kā viena attēla stila pārneši uz citu attēlu izmantojot oriģinālo attēlu un attiecīgi ekspertu apstrādāto attēlu. Attēla stila pārnese metode sasniedz labus rezultātus, taču izmantojot lielus attēlus tas var radīt attēla kropļojumus vai attēla kvalitātes zudumus [11]. Pētījumā “*Deep Bilateral Learning for Real-Time Image Enhancement*” [12] tika izmantota šāda metode. Lai novērstu attēla kropļojums, tiek aprēķināta tikai oriģinālā un apstrādātā attēla transformācija. Izmantojot šo metodi iespējams veikt attēlu apstrādi samazinātam attēlam, kas padara arī šo metodi daudz ātrāku izpildes laika ziņā. Balstoties uz šo metodi tika izveidots pētījums “*Personalized Image Enhancement Using Neural Spline Color Transforms*” [11], jeb *SpliNet*. *SpliNet* tiek izmantoti konvolūciju neironu tīkli, lai aprēķinātu nepieciešamo attēlu apstrādi izmantojot attēla krāsu līknes.

4. PERSONALIZĀCIJAS IESPĒJAS

Personalizēta attēlu apstrāde nav iespējama bez lietotāja attēlu apstrādes stila noteikšanas, tāpēc tiks apskatītas metodes, kas ļauj paveikt šo uzdevumu. Iespējama arī kolektīva attēlu apstrāde, kas izmanto vairāku lietotāju attēlu apstrādes zināšanas, lai izteiktu jaunu lietotāju attēlu apstrādes stilu.

4.1. Lietotāja attēlu apstrādes stila noteikšana

Lai realizētu attēlu personalizācijas iespējas ir nepieciešams noteikt lietotāja attēlu apstrādes stilu, šo procesu iespējams veikt dažādos veidos, tāpēc nākamajās apakšnodaļās tiks apskatīti daži no stila noteikšanas veidiem.

4.1.1. Attēlu atlase

Lietotāja stilu iespējams novērtēt izmantojot lietotāja atlasītus attēlus. Šāda stila noteikšanas metode ļauj ātri novērtēt lietotāja stilu.

Pētījumā, kas izstrādā sistēmu *PieNet* [9], izmantoto līdzības metrikas mācīšanos un dziļo mašīnmācīšanos attēlu apstrādei. Pētījumā tika izmantoti attēli no *FiveK* datu kopas [5], kuras attēlus apstrādājuši pieci dažādi eksperti. Rezultātā lietotājam atlasot attēlus, tiek noteikti personalizēti attēlu apstrādes uzstādījumi, kas balstīti uz ekspertu rezultātiem. Daļēji šī stila noteikšanas metode robežojas ar attēlu apstrādi, jo atlasītajiem attēliem ir zināmi attēlu apstrādes uzstādījumi, taču tā kā lietotājs izvēlas starp dažādiem attēliem no dažādiem ekspertiem, nevis dažādiem attēlu apstrādes variantiem, šī metode tiek iekļauta attēlu atlases kategorijā.

Pētījumā tika izstrādāti divi veidi, kā noteikt jaunu lietotāju stilu:

1. Lietotājs izvēlas sev tīkamus un nepatīkamus attēlus.
2. Lietotājs izvēlas tikai sev tīkamus attēlus.

Abi no šiem stila noteikšanas veidiem tiek izmantoti, lai pielāgotu jau apmācītu modeli lietotāja stilam. Pētījumā norādīts, ka lietotāja stila noteikšana izmantojot tikai lietotājam pozitīvi novērtētos attēlus ir vienkāršāka un ir vieglāk izpildāms uzdevums lietotājam. Lai pārlicinātos par pētījumā izstrādātās attēlu apstrādes metodes rezultātiem tika veikta lietotāju pētījums ar 10 dalībniekiem. Dalībnieki izvēlējās 20 attēlus, tiek noteikts lietotāja attēlu apstrādes stils un tiek apstrādāts attēls balstoties uz noteikto stilu (sk. 4.1. att.).



4.1. att. *PieNet* divu dalībnieku attēlu apstrādes rezultātu salīdzinājums [9]:

- (a) Oriģinālais attēls, (b) pirmā dalībnieka izvēles attēli un (c) attēlu apstrādes rezultāts,
 (d) otrā dalībnieka izvēles attēli un (e) attēlu apstrādes rezultāts

Jāņem vērā, ka šī lietotāja stila noteikšanas metode nebūtu iespējama, bez datu kopas, kas satur fotogrāfijas, kuras apstrādājuši dažādi fotogrāfi. Tāpēc, iespējamās situācijas, kurās lietotāja attēlu apstrādes stils neatbilst nevienam no fotogrāfiem un personalizācija tiek realizēta tikai daļēji. Ņemot vērā *PieNet* apmācības veidu, kurā modelis tika apmācīts ar dažādu fotogrāfu apmācītajiem attēliem, arī jauna lietotāja attēlu personalizācija, sākot apmācības procesu no sākuma, ir sarežģīts process.

4.1.2. Attēlu apstrāde

Vairāki pētījumi attēlu apstrādes personalizācijas jomā izmanto attēlu apstrādi, lai noteiktu lietotāja stilu. Lietotājam nepieciešams apstrādāt vairākus attēlus, kas ļautu apmācīt sistēmu turpmāk veikt attēlu apstrādi lietotāja stilā. Šī metode sniedz lietotājam plašas attēlu apstrādes iespējas.

“*Personalization of Image Enhancement*” pētījumā [3] tika izmantota attēlu apstrāde lai noteiktu lietotāja attēlu apstrādes stilu. Kā attēlu apstrādes funkcijas tika izmantots attēla kontrasta un baltā balansa maiņa. Tika izveidotas divas dažādas saskarnes (sk. 4.2. att. a un b), kas ļāva lietotājam izvēlēties no sev vēlamā attēlu apstrādes procesa. Veicot lietotāju izpēti, algoritma darbības noteikšanai, personalizētā attēlu apstrāde tika salīdzināta gan ar oriģinālo attēlu, gan ar citu automātisko attēlu apstrādes programmu rezultātiem. Personalizētās attēlu apstrādes rezultāts lietotāju vidū bija vispopulārākais, kā arī tiek izteikts viedoklis, ka palielinot attēlu apstrādes funkciju skaitu, iespējams paaugstināt sasniegtos rezultātus.



4.2. att. Saskarnes piemēri lietotāja stila noteikšanai [3]

Šajā pētījumā uzmanība tiek vērsta uz tieši tādu attēlu atlasī, kas pēc iespējas labāk spētu raksturot lietotāja attēlu apstrādes stilu dažādiem attēliem. Tāpēc šis uzdevums tiek uztverts kā sensoru novietojuma problēma (no angļu val. *Sensor placement problem*) un tiek atrisināts izmantojot aktīvo sensoru atlasī (no angļu val. *Active sensor selection*), rezultātā tiek atlasīti pietiekami atšķirīgi attēli, lai sistēmai būtu nepieciešamās zināšanas un personalizācija būtu iespējama. Lietotājam, pirms attēlu apstrādes personalizācijas, no sākuma bija jāapstrādā 25 attēli, kas labi aprakstīja pētījumā izmantoto attēlu kopu [3]. Šī metode sniedz labus rezultātus, ja iepriekš ir zināma attēlu datu kopa, taču, ja nav iepriekš zināms kādus attēlus lietotājs apstrādās, to nav iespējams realizēt. Jāņem vērā ka 25 attēlu apstrāde ir laikietilpīgs process.

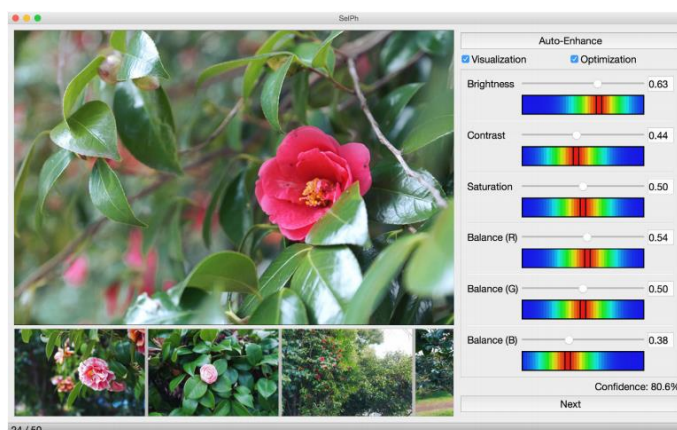
Arī pētījumā “*Personalized Image Enhancement*” [13] lietotāja attēlu apstrādes stils tika noteikts lietotājam izvēloties vienu no 9 attēliem, oriģinālu un 8 apstrādātu attēlu versijas (līdzīgi 4.2. att. a). Pētījumā kā attēlu apstrādes funkcijas tika izmantotas kontrasta un attēla baltā balansa vērtību maiņa. Lietotāji izvēlējās sev tīkamus attēlu apstrādes uzstādījumus 20 attēliem. Pētījumā izvēlētais tehniskais risinājums kombinācijā ar ierobežotajām attēlu apstrādes funkcijām nesniedza labus rezultātus, salīdzinot personalizēti apstrādātos attēlus ar oriģinālajiem attēliem tikai 54.3% lietotāji izvēlējās personalizētu attēlu apstrādi, 27.1% izvēlējās oriģinālu un 18.6% nebija skaidras izvēles.

Šajā nodaļā apskatītie risinājumi spēj noteikt lietotāja attēlu apstrādes stilu, taču tā kā tiek nodalīta modeļa apmācības fāze no fāzes, kurā lietotājam iespējams izmantot personalizēto attēlu apstrādi, šīs sistēmas nespēj mainīt personalizācijas rezultātus turpmākajā attēlu apstrādē. Lietotājam sniedzot iespēju turpināt attēlu apstrādi un modelim mācoties no korekcijām, iespējams modelim uzlaboties ar katru nākamo apstrādāto attēlu. Šāds modelis tiks apskatīts nākamajā nodaļā.

4.1.3. Progresīvā mācīšanās

Profesionāliem fotogrāfiem bieži nākas apstrādāt vairākus tūkstošus fotogrāfiju un šis process tiek veikts manuāli koriģējot vairākus attēlam raksturīgus slīdņus. Lai palīdzētu lietotājiem veikt šāda tipa uzdevumus ir izstrādāta programmatūra *SelPh* [10]. Izstrādātais prototips mācās no lietotāja attēlu apstrādes vēstures un izmanto šīs zināšanas, lai piedāvātu turpmākos attēlu apstrādes uzstādījumus, jeb progresīvi mācās no lietotāja. Atšķirībā no attēlu apstrādes stilu noteikšanas veida, metodē netiek nodalītas modeļa mācīšanās un izmantošanas fāzes, apmācība notiek visu attēlu apstrādes laikā. Programmatūra ir paredzēta, lai atvieglotu manuālu attēlu apstrādes parametru maiņu, tā vietā, lai šo procesu pilnībā automatizētu. *SelPh* programmatūras darbības princips izmanto līdzības metrikas mācīšanos.

SelPh prototipā liela uzmanība tika veltīta lietotāja saskarnei (sk. 4.3. att.). Tajā tika izmantoti slīdņi ar krāsu indikatoriem, kas lietotājam ļauj izprast gan sistēmas piedāvātos attēlu apstrādes uzstādījumus, gan parādīt sistēmas pārlicību par sniegto rezultātu. Apstrādājot vairākus vizuāli līdzīgus attēlus sistēmas pārlicība par piedāvātajiem uzstādījumiem aug un slīdņu krāsas kļūst košākas. Papildus zem attēla tiek parādīti vizuāli līdzīgi attēli, kuru attēlu apstrādes iestatījumi tiek izmantoti lēmumu pieņemšanā.



4.3. att. *SelPh* saskarne [10]

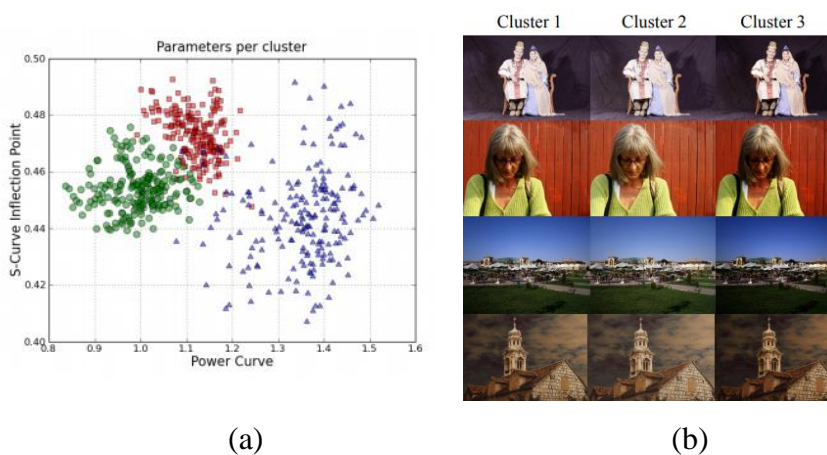
Izveidots prototips tika novērtēts izmantojot lietotāju izpēti, kas kopumā sniedza pozitīvus rezultātus. Lietotāju izpētē piedalījās profesionāli fotogrāfi, kuri norādīja uz *SelPh* ieguvumiem un trūkumiem. Kā ieguvumi tika minēti iespēja “sadarboties” ar programmatūru apstrādājot attēlus, programmatūra ļauj efektīvāk apstrādāt attēlus kā arī saskarnes uzticamības vērtība sniedza lietotājiem ieskatu programmatūras darbībā un ļāva pieņemt lēmumus balstoties uz šo vērtību. Kā trūkumi tika minēti nepieciešamība apstrādāt attēlus vienā stilā, problēmas var rasties, ja līdzīgi attēli tiek atkārtoti apstrādāti dažādos stilos. Papildus izstrādātajā prototipā

tika realizēta tikai attēlu apstrāde secībā, tas nozīmē, ka lietotājiem nav iespējams atgriezties pie iepriekš apstrādātiem attēliem.

4.2. Kolektīvā attēlu apstrāde

Lai atrisinātu problēmas, ko rada sistēmas apmācīšana katram jaunam lietotājam, iespējams iegūt zināšanas no iepriekšējajiem lietotājiem, tādējādi atvieglojot gan lietotāja stila noteikšanu, gan sistēmas efektivitāti. Kolektīvās attēlu apstrāde pieņem, ka līdzīgiem lietotājiem ir līdzīgi attēlu apstrādes stili līdzīgiem attēliem.

Pētījumā “*Collaborative Personalization of Image Enhancement*” [4] tika novērtēts vai lietotāju attēlu apstrādes stili veido klasterus. Pētījuma laikā tika izpētīta lietotāju izvēles divām attēlu apstrādes funkcijām: attēla kontrastam un krāsu korekcijai. Lietotājiem tika piedāvāti 9 attēli ar dažāda līmeņa attēla apstrādes funkcijām, lietotājam izvēloties sev tīkamāko rezultātu. Šis process tika atkārtots 20 attēliem un rezultātā tika iegūti dati no 336 lietotājiem. Pēc datu iegūšanas tika noteikts vai lietotāju attēlu apstrādes stili veido klasterus (sk. 4.4. att.). Lai noteiktu jaunu lietotāju attēlu apstrādes stilu, nepieciešams noteikt kuram no klasteriem lietotājs pieder, tādējādi modelis var ātri pielāgoties dažādiem lietotājiem.



4.4. att. Pētījuma rezultāti [4]:

(a) lietotāju klasteru veidošanās un (b) attēlu apstrādes piemēri katram klasterim

Arī *SpliNet* pētījumā [11] tiek realizēta jauna lietotāja stila noteikšana izmantojot pūļa zināšanas. Modelis tika apmācīts izmantojot vairāku ekspertu apstrādātos attēlus no *FiveK* [5] datu kopas. Liela nozīme ir datu kopas ekspertu attēlu apstrādes stilam, jo gadījumos, kad lietotāja stilu nevar izteikt kā kombināciju no ekspertu rezultātiem, modelim var rasties problēmas lietotājam piedāvāt personalizētus attēlu apstrādes rezultātus.

5. EKSPERIMENRĀLAS LIETOTĀJU APTAUJAS IZVEIDE

Lai noteiktu lietotāju attēlu apstrādes iezīmes tika izveidota eksperimentāla aptauja, kas ļaus ne tikai noteikt lietotāju attēlu uzlabošanas kopīgās un atšķirīgās iezīmes, bet arī noteikt attēlu uzlabošanas personalizācijas algoritma darbību un lietotāju vērtējumus par attēlu apstrādes funkcijām un attēlu uzlabošanas personalizācijas nepieciešamību.

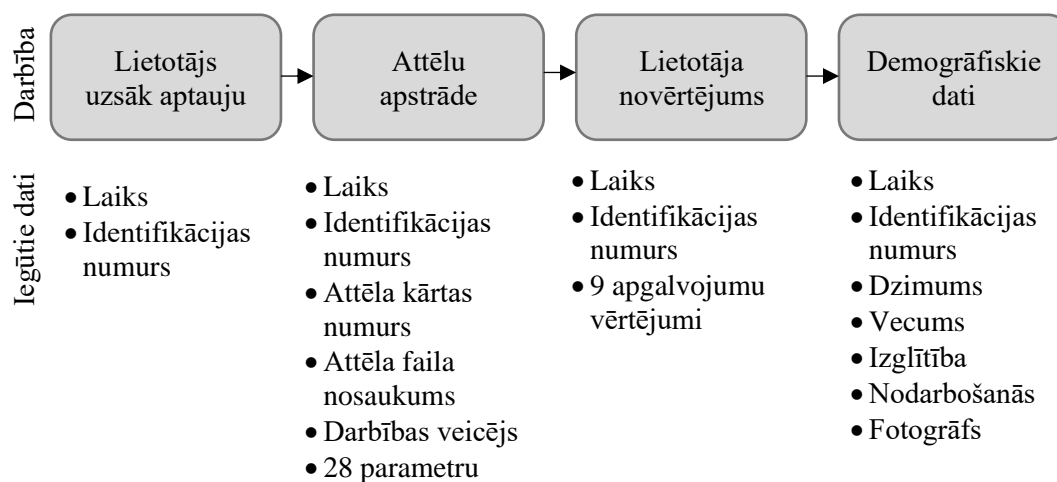
Lietotāju aptauja tiks balstīta uz *SelPh* [10] pētījumā izstrādāto prototipu, jo šis risinājums realizē pakāpenisku, jeb progresīvu, lietotāja stila noteikšanu, kā arī ļauj lietotājam koriģēt attēlu uzlabošanas parametru vērtības. Pētījuma neatkarīgie mainīgie ir lietotāja pieredze fotogrāfiju apstrādē, savukārt atkarīgie mainīgie ir attēlu apstrādes funkciju vērtības.

5.1. Aptaujas tehniskā realizācija

Ņemot vērā epidemioloģisko situāciju tika izlemts aptauju realizēt tīmekļa vidē, kas rada nekontrolējamu faktor, piemēram, nav zināms cik precīzi lietotāja ekrāns atspoguļo attēlu.

Aptauja tika realizēta izmantojot *Google Apps Script* vidi, savienojot aptauju ar *Google Sheets* elektronisko tabulu, kurā tika saglabāti aptaujas rezultāti. Eksperimentālās aptaujas programmas kodu iespējams aplūkot avotā [14].

5.1.1. Aptaujas uzbūve



5.1. att. Eksperimentālās aptaujas struktūra un iegūtie dati

Aptaujas struktūra sastāv no aptaujas uzsākšanas, attēlu apstrādes, lietotāju novērtējuma un lietotāja demogrāfisko datu iegūšanas (sk. 5.1. att.).

5.1.2. Attēlu apstrādes funkcijas

Pētījumā *Personalization of Image Enhancement* [3] tiek izmantotas funkcijas, kas ļauj mainīt attēla gaišumu, kontrastu un baltā balansu. Gaišuma un kontrasta korekcijai tiek izmantotas divas dažādas intensitātes līknes, kas rezultātā ļauj koriģēt arī attēla gaismas un ēnas. Savukārt baltā balanss sastāv no krāsu temperatūras un nokrāsas korekcijas.

SelPh [10] tika realizētas attēla spožuma, kontrasta, piesātinājuma un attēla sarkanās, zaļās un zilās krāsas balansu. Izmantojot attēla sarkanās, zaļās un zilās krāsas balansu iespējams koriģēt attēla krāsas līdzīgi kā izmantojot baltā balansa temperatūras un nokrāsas funkcijas.

Salīdzinājumā ar lietotājiem pieejamām attēlu apstrādes funkcijām dažādās attēlu apstrādes lietotnēs, pētījumos izmantota tikai neliela daļa no šīm funkcijām, tāpēc balstoties uz bakalaura darbā [1] veikto attēlu apstrādes lietotņu salīdzinājumu un lietotāju vērtējumiem par dažādām attēlu apstrādes funkcijām tika izlemts aptaujā iekļaut attēlu apstrādes funkcijas no trīs kategorijām: attēla gaišuma funkcijas, krāsas funkcijas un atsevišķu krāsu funkcijas. Kopā lietotājam ir iespējams mainīt 28 funkciju parametrus.

Attēla gaišuma funkciju kategorija tika iekļautas attēla gaišuma, kontrasta, gaismas, ēnas, balto un melno toņu funkcijas.

Attēla krāsu funkciju kategorija iekļauj krāsu temperatūru un nokrāsu, piesātinājumu un košumu. Krāsu temperatūra un nokrāsa ļauj labot neprecīzu attēla baltā balansu. Šīs funkcijas iespējams lietot arī, lai radītu noteiktu noskaņu, piemēram attēla krāsas padarot “vēsākas” iespējams radīt dramatiskas noskaņas fotogrāfiju.

Atsevišķu attēlu krāsu funkcijas iekļauj krāsas toņa, piesātinājuma un gaišuma funkcijas. Šīs vērtības iespējams mainīt sarkanai, dzeltenai, zaļai, ciāna, zilai un fuksīna krāsai. Lai gan šīs funkcija biežāk pieejama profesionālākās attēlu apstrādes lietotnēs, tā bakalaura darbā [1], tika novērtēta ļoti pozitīvi. Šī funkciju grupa ļauj izmantīt atsevišķas krāsas, piemēram, debesis, kas attēla redzamas zilā krāsā pietuvināt ciāna krāsai. Krāsu izmaiņa vairākiem fotogrāfiem ir noteicoša attēlu apstrādes stila nozīmīga daļa.

Attēlu apstrādes funkciju realizēšanai tika izmantota *CamanJS* bibliotēka [15]. *CamanJS* iekļauj attēla gaišuma, kontrasta, piesātinājuma un košuma funkcijas un ļāva izstrādāt pārējās attēlu apstrādes funkcijas. Attēlu apstrādes funkciju kods redzams failā ar nosaukumu “*adjustments.html*” [14], fails satur gan klases, kas veido attēlu apstrādes uzstādījumus, gan izveidotās attēlu apstrādes funkcijas, kas izmaina attēla pikselus.

Lai noteiktu lietotāju domas par izvēlētajām attēlu apstrādes funkcijām aptaujas novērtējuma daļā tika iekļauti jautājumi par to cik svarīga ir attiecīgā funkciju grupa. Lietotājiem tika vaicāts arī novērtēt apgalvojumu “Attēlu apstrādes funkcijas ļāva man sasniegt vēlamu attēlu apstrādes stilu.”, kas ļaus iegūt informāciju par to, vai izvēlētas funkcijas ļauj sasniegt lietotāju attēlu apstrādes mērķus.

5.1.3. Attēluzlabošanas personalizācijas algoritms

Attēluzlabošanas algoritma realizēšanai tika izmantotas metrikas mācīšanās pamatideja – attēlu līdzības noteikšana. Izveidotais algoritms balstās uz *Personalization of Image Enhancement* [3] attēlu līdzības noteikšanas metodēm.

Lai prognozētu jauna attēla attēluzlabošanas parametrus, tiek noteikta attiecīga attēla līdzība ar iepriekš apstrādātiem attēliem. Proporcionāli līdzības vērtībai tiek izmantoti katra attēla attēluzlabošanas parametri. Rezultātā tiek iegūti lietotāja aptuveni attēluzlabošanas rezultāti, kas proporcionāli attēlu līdzībai.

Attēlu līdzības noteikšanai tika noteiktas katra attēla intensitātes histogramma, sarkano, zaļo un zilo pikseļu, jeb *RGB* histogramma un krāsas toņa, piesātinājuma un gaišuma, jeb *HSV* histogrammas. Pēc attēla histogrammas noteikšanas nepieciešams tās salīdzināt, salīdzināšanai tika izmantota simetriska KL diverģences un L_2 normalizācijas [3] summa. Iegūtā vērtība apraksta attēlu histogrammu līdzību, jo lielāka šī vērtība, jo atšķirīgāki ir attiecīgie attēli. Prognozējot attēluzlabošanas uzstādījumus jaunam attēlam, proporcionāli noteiktajai attēlu līdzībai tika izmantoti iepriekš izmantotie attēluzlabošanas rezultāti. Personalizācijas funkcijas kods redzams failā ar nosaukumu “*personalization.html*” [14].

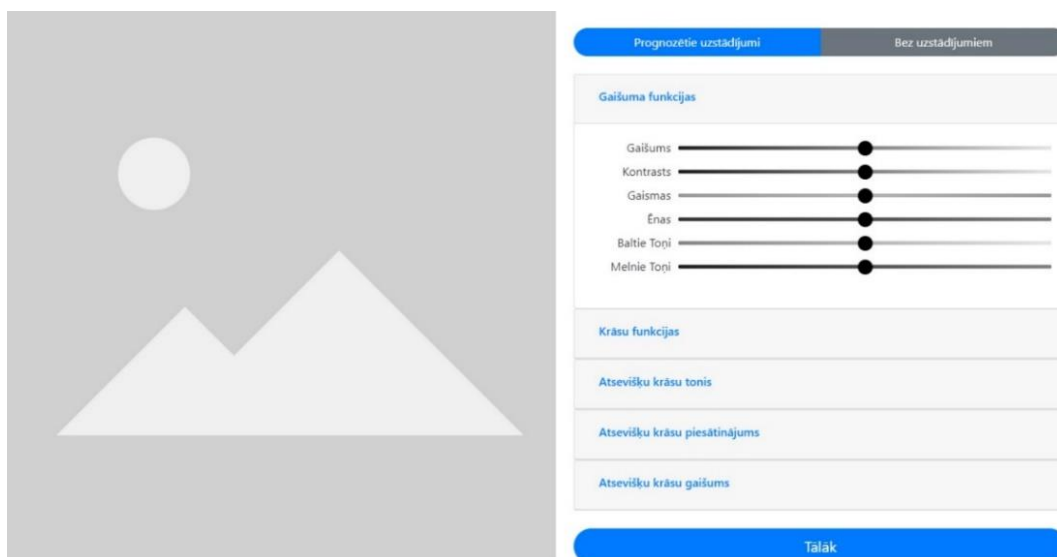
Izveidotais algoritms būtībā iegūst lietotāja vidējos attēluzlabošanas uzstādījumus, kas lietotājam var palīdzēt attēlu apstrādē. Salīdzinājumā ar metrikas mācīšanos šī metodi ir daudz vienkāršāk realizēt un tā sniedz labus rezultātus eksperimentālās aptaujas mērķiem, taču algoritms nespēj veikt izvēlēties atsevišķus uzstādījumus dažādiem attēliem, tā vietā tiek iegūts viens vidējais lietotāja stils.

Lai novērtētu izveidoto personalizācijas algoritmu, novērtējuma sadaļā tika ievietots apgalvojums “Algoritma paredzētie attēlu apstrādes uzstādījumi palīdzēja attēla apstrādē.”, rezultātā tiks iegūts lietotāju novērtējums par izveidoto algoritmu.

5.1.4. Lietotāja saskarne

Ekspierimentālā attēlu labošanas aptauja tika iekļauta kā daļa no tīmekļa vietnes [16]. Lapas sākumā lietotājam tika izklāstīta aptaujas gaita, kā arī bija iespējams iepazīties ar attēlu apstrādes funkcijām, to aprakstu un piemēriem. Tīmekļa vietne tika realizēta latviešu un angļu valodā.

Aptaujas attēlu apstrādes daļa sastāv no attēla, un attēlu apstrādes izvēlnes (sk. 5.2. att.). Attēlu apstrādes izvēlnes augšpusē novietotas pogas, kas ļauj lietotājam izvēlēties starp prognozētajiem uzstādījumiem vai noņemt esošos attēlu apstrādes uzstādījumus. Šīs pogas iespējams izmantot gadījumos, ja prognozētie attēlu apstrādes uzstādījumi neatbilst lietotāja vēlmēm. Attēlu apstrādes funkcijas tika sagrupētas pēc kategorijām, kas ļauj lietotājam viegli izvēlēties attiecīgās kategorijas uzstādījumus.



5.2. att. Ekspierimentālās aptaujas Attēlu apstrādes lietotāja saskarne

Lietotājiem pabeidzot attēlu apstrādi un klikšķinot uz pogas “Tālāk”, tika parādīts nākamais attēls ar prognozētiem attēlu apstrādes uzstādījumiem, kurus lietotājam bija iespēja koriģēt. Kad visi attēli tika apstrādāti, lietotājam tika parādīta vērtēšanas saskarne, kurā bija nepieciešams novērtēt dažādus apgalvojumus (sk. 5.3. att.). Lietotājam iespējams novērtēt apgalvojumus skalā no “Pilnībā nepiekrītu” līdz “Pilnībā piekrītu”.

Lūdzu sniegt savu novērtējumu sekojošajiem apgalvojumiem:	Pilnībā nepiekritu	Drizāk nepiekritu	Neitrāli	Drizāk piekritu	Pilnībā piekritu
Es bieži izmantoju attēlu apstrādes lietotnes.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Attēlu apstrādes funkcijas bija saprotamas un viegli lietojamas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Attēlu apstrādes funkcijas ļāva man sasniegt vēlamo attēlu apstrādes rezultātu.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Attēla gaišuma funkcijas ir nepieciešamas, lai sasniegtu man vēlamo attēlu apstrādes rezultātu.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Attēla krāsas funkcijas ir nepieciešamas, lai sasniegtu man vēlamo attēlu apstrādes rezultātu.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Atsevišķu krāsu funkcijas ir nepieciešamas, lai sasniegtu man vēlamo attēlu apstrādes rezultātu.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Attēla saturs ietekmēja attēlu apstrādes stila izvēli.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Algoritma paredzētie attēlu apstrādes uzstādījumi palīdzēja attēla apstrādē.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Es vēlētos lai attēlu apstrādes lietotnes ar laiku apgūtu manu attēlu apstrādes stilu.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vieta komentāriem:	<input type="text"/>				

[Tālāk](#)

5.3. att. Eksperimentālās aptaujas novērtējuma saskarne

Pēc apgalvojumu novērtēšanas, seko lietotāja demogrāfisko datu ievade (sk. 5.4. att.). Respondentiem iespējams izvēlēties attiecīgo dzimumu, ievadīt vecumu, izvēlēties izglītības un profesiju grupu, kā arī atzīmēt vai lietotājs ir vai nav fotogrāfs.

Lūdzu norādiet savu dzimumu:

Lūdzu norādiet savu vecumu:

Kāda ir Jūsu izglītības joma?

Kāda ir Jūsu profesiju grupa?

Vai Jūs esiet fotogrāfs?

[Tālāk](#)

5.4. att. Eksperimentālās aptaujas lietotāja demogrāfisko datu ievades saskarne

5.1.5. Datu glabāšana

Aptaujā ievāktie dati tiek glabāti attiecīgās aptaujas daļas elektroniskajās tabulās, datu kopijas iespējams aplūkos avotā [17].

Lietotājam uzsākot aptauju tiek piešķirts identifikācijas numurs un saglabāts aptaujas sākuma laiks, dati redzami tabulā ar nosaukumu “Lietotāju identifikācijas numuri” [17]. Lietotāju identifikācijas numuri tiek numurēti secībā, taču attēluzlabošanas datu analīzē vērā tiek ņemti tikai tie lietotāji, kas izpilda aptauju līdz beigām.

Veicot attēlu apstrādi tiek saglabāts darbības laiks, lietotāja identifikācijas numurs, attēla kārtas numurs, attēla faila nosaukums, darbības veicējs un attēla apstrādes funkciju vērtības intervālā [-10;10]. Dati redzami tabulā “Attēluzlabošanas rezultāti” [17]. Darbības veicējs raksturo vai darbību ir veicis lietotājs (Vērtība “Lietotājs”) vai paredzējis algoritms (Vērtība “Prognozēts”), saglabājot abas šīs vērtības iespējams noteikt algoritma precizitāti attiecībā pret lietotāja atbildēm.

Aptaujas novērtējuma daļā tiek saglabāts laiks, lietotāja identifikācijas numurs, novērtējums intervālā [1;5] atbilstošajām apgalvojumam un lietotāja komentārs par aptauju. Dati redzami tabulā “Novērtējums” [17].

Beidzamajā aptaujas posmā tiek saglabāts laiks, lietotāja identifikācijas numurs, lietotāja vecums, dzimums, izglītība, nodarbošanās un atbilde uz jautājumu “Vai Jūs esiet fotogrāfs?”. Dati redzami tabulā “Lietotāju demogrāfiskie dati” [17].

Apvienojot šos datus iespējams analizēt iegūtos datus balstoties uz vairākiem rādītājiem, piemēram, iegūstot vidējos attēluzlabošanas rezultātus attēliem ar konkrētu faila nosaukumu.

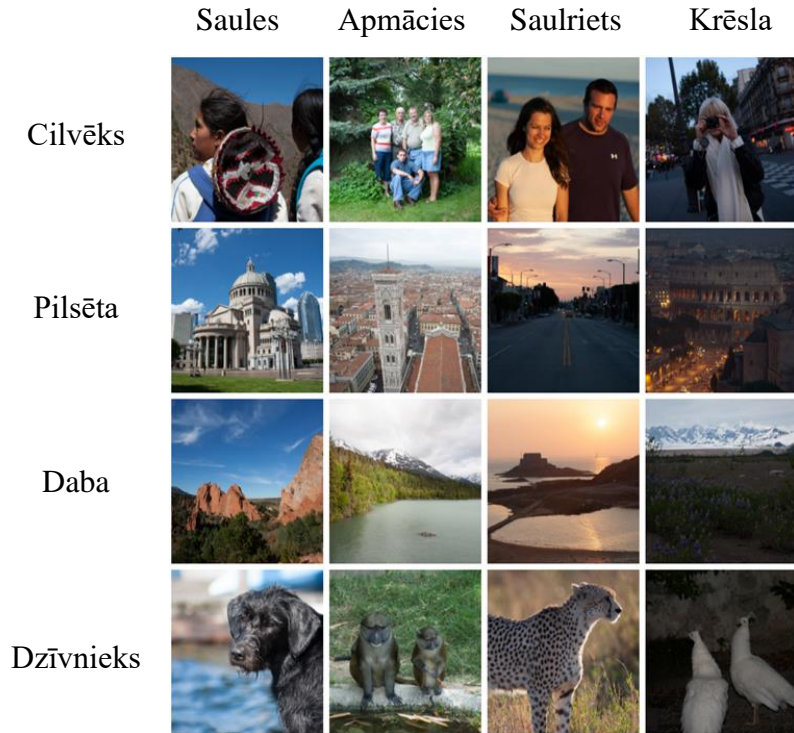
5.2. Attēlu atlase

Lietotāju aptaujā tika izmantoti attēli no *MIT-Adobe FiveK* [5] datu kopas. Tika izvēlēti 16 attēli, kuri atspoguļo dažādas attēla satura un gaismas kategorijas (sk. 5.5. att.).

Attēli tika atlasīti satura kategorijās “Cilvēks”, “Pilsēta”, “Daba” un “Dzīvnieks”, šīs kategorijas tika izvēlētas, jo tās atspoguļo saturu, ar kuru lietotāji būtu pazīstami un iespējams arī veikuši attēlu apstrādi kādai no šīs kategorijas attēliem. Iekļautās kategorijas iekļauj arī dažādas fotogrāfijas jomas, kā portretu, daba vai reportāžas stila fotogrāfiju.

Attēli tika izvēlēti arī balstoties uz gaismas veidu, tika izvēlēti attēli no gaismas kategorijām “Sauls”, “Apmācies”, “Saulriets” un “Krēsla”. Izvēlētās gaismas kategorijas iekļauj plaša spektra dabiskās gaismas apstākļus. Iespējams nozīmīga gaismas kategorija ir mākslīgs apgaismojums, kas izvēlētajās kategorijās ir novērojams tikai attēlos daļā kategorijā “Krēsla”.

Izvēlētie attēli lietotājiem tiks doti sajauktā secībā, kas ļaus novērtēt personalizācijas algoritma darbību neatkarībā no atsevišķu attēlu īpatnībām.

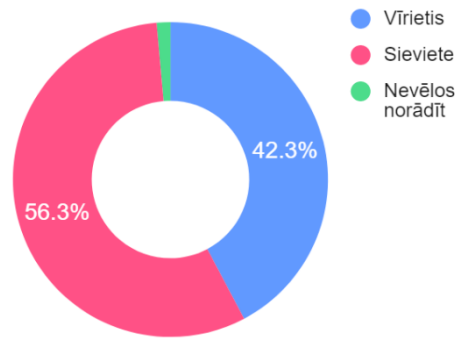


5.5. att. Lietotāju aptaujai atlasītie attēli no *FiveK* [5] datu kopas

Izvēlētās attēlu kategorijas ļaus novērtēt vai pastāv kopīgas un atšķirīgas iezīmes šo kategoriju attēlu apstrādē. Lietotājiem, tika vaicāts novērtēt apgalvojumu “Attēla saturs ietekmēja attēlu apstrādes stila izvēli.”, kas ļaus novērtēt vai attiecīgās saturs kategorijas ietekmēja lietotāju attēlu apstrādes izvēles.

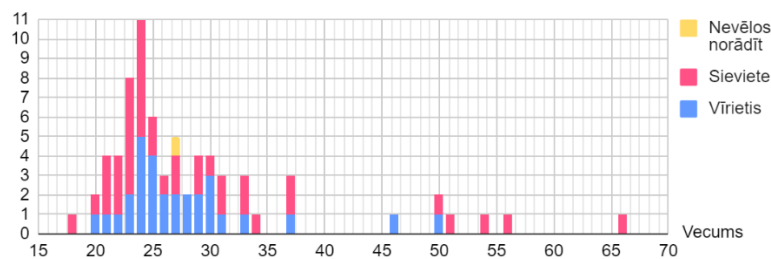
5.3. Izlases kopa

Eksperimentālajā aptaujā kopā piedalījās 71 respondents. Respondentu dzimuma sadalījums (sk. 5.6. att.) parāda, ka 56% no respondentiem ir sievietes, 42% ir vīrieši, savukārt 1.4%, jeb viens respondents, nevēlējās norādīt dzimumu.



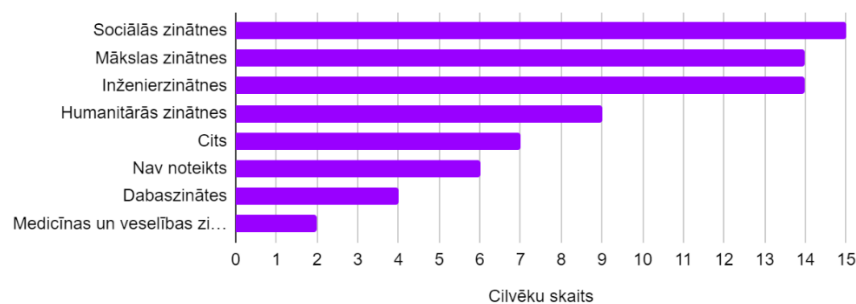
5.6. att. Respondentu dzimuma sadalījums

Aplūkojot respondentu vecuma sadalījumu, redzams, ka lielākā daļa respondentu ir vecuma grupā no 20 līdz 40 gadiem (sk. 5.7. att.).



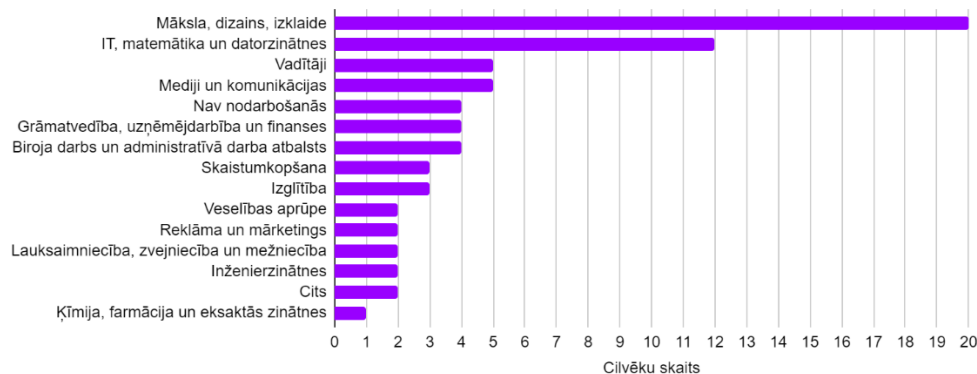
5.7. att. Respondentu vecuma sadalījums

Respondentiem tika vaicāts norādīt savu izglītības jomu, redzams, ka lielākā daļa respondentu pieder sociālo zinātņu izglītības jomai, kam seko mākslas un inženierzinātņu izglītības jomas (sk. 5.8. att.).



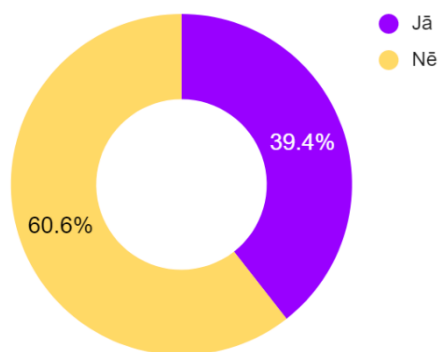
5.8. att. Respondentu izglītības joma

Aplūkojot lietotāju nodarbošanās jomu (sk. 5.9. att.) redzams, ka lielākā daļa respondentu pārstāv mākslas, dizaina un izklaides nodarbošanās jomu, tai seko informācijas tehnoloģiju, matemātikas un datorzinātņu nodarbošanās joma.



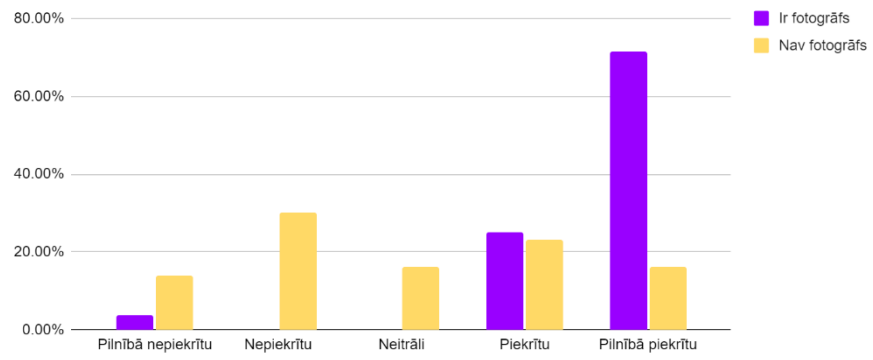
5.9. att. Respondentu nodarbošanās joma

Respondentiem tika vaicāts atbildēt uz jautājumu “Vai Jūs esiet fotogrāfs?” (sk. 5.10. att.). Gandrīz 40% lietotu ir atzīmējuši, ka pieder fotogrāfu grupai un 60% respondentu atbildējuši, ka nav fotogrāfi. Šis sadalījums ļaus analizēt respondentu attēlu uzlabošanas izvēles starp lietotāju grupām.



5.10. att. Respondentu atbilde uz jautājumu “Vai Jūs esiet fotogrāfs”

Eksperimentālās aptaujas novērtējuma daļā lietotājiem tika vaicāts novērtēt apgalvojumu “Es bieži izmantoju attēlu apstrādes lietotnes”, kas ļauj aptuveni novērtēt lietotāju pieredzi attēlu apstrādē (sk. 5.11. att.). Redzams, ka visi fotogrāfu grupas respondenti ir atbildējuši apstiprinoši uz šo apgalvojumu. Savukārt respondenti, kuri atzīmēja, ka nav fotogrāfi, uz šo apgalvojumu atbildējuši dažādi, lielākā daļa nepiekrīt šim apgalvojumam, taču ir arī ievērojama daļa respondentu, kas atbildējusi pozitīvi uz šo apgalvojumu, kas nozīmē, ka šīs grupas respondentiem ir ļoti dažāds attēlu apstrādes pieredzes līmenis.

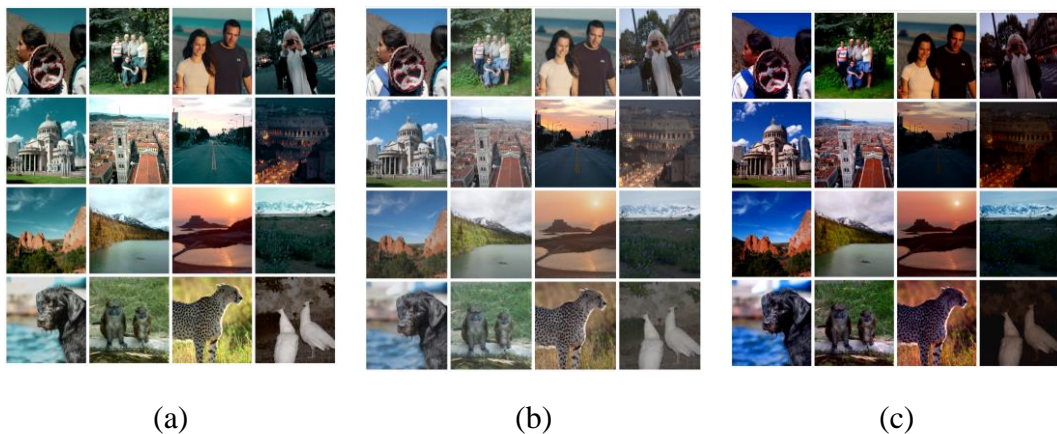


5.11. att. Vērtējums apgalvojumam “Es bieži izmantoju attēlu apstrādes lietotnes”

6. ATTĒLUZLABOŠANAS REZULTĀTU ANALĪZE

Izmantojot eksperimentālo lietotāju attēluzlabošanas aptauju tika iegūti dažādu lietotāju attēluzlabošanas rezultāti, kurus iespējams analizēt. Lielākoties attēluzlabošanas rezultāti tiks apskatīti starp divām lietotāju grupām: lietotāji, kuri ir vai nav fotogrāfi. Lietotāji, kuri ir fotogrāfi labi pārzin attēlu apstrādi un to bieži veic, tāpēc iespējams novērot atšķirības salīdzinot šīs abas grupas.

Lai sekmīgi veiktu attēluzlabošanas rezultātu apskati un novērtēšanu, tika izveidota tīmekļvietne [18], kurā atlasot atbilstošo lietotāja identifikācijas numuru iespējams redzēt lietotāja izvēlētos attēlu apstrādes uzstādījumus.



6.1. att. Trīs respondentu attēluzlabošanas rezultātu vizuālais salīdzinājums:

Lietotāji ar identifikācijas numuriem (a) 50, (b) 85 un (c) 168

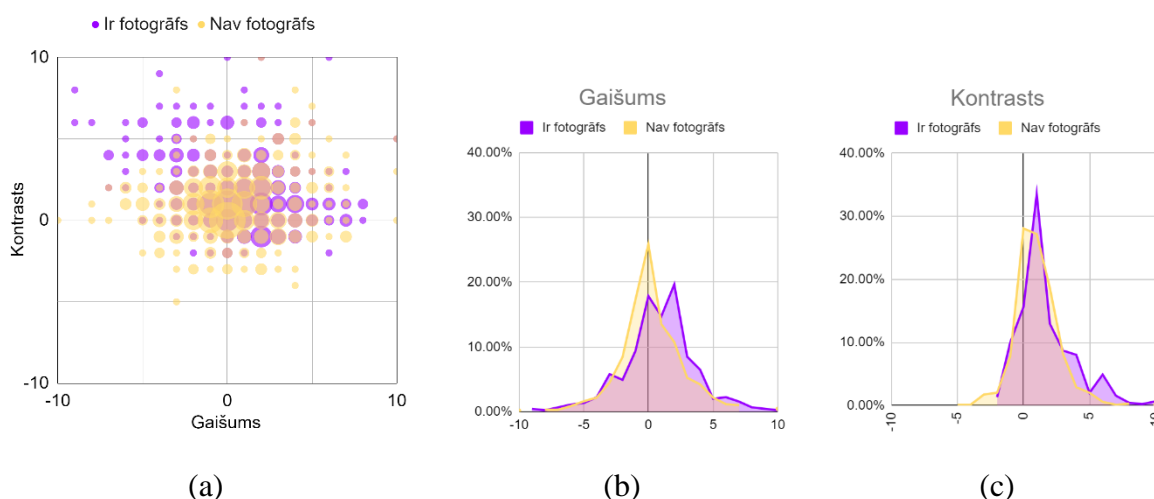
Lai salīdzinātu iegūtos rezultātus tiks apskatīts cik bieži tika izvēlēta attiecīgās funkcijas vērtība, lietotāju vidējie rādītāji, kā arī tiks salīdzināts attēlu un to kategoriju attēlu apstrādes līdzības.

6.1. Attēluzlabošanas funkciju lietojuma analīze

Analizējot funkciju lietojumu, tiks apskatīts cik bieži tika izmantota katra funkciju vērtība starp lietotāju grupām, tas ļaus novērtēt kādas vērtības lietotāji ir izmantojuši attēlu apstrādē kopumā. Funkciju lietojuma analīzē tiks apskatīts funkciju vērtību lietojuma biežums koordinātu plaknē un procentuāli katrai grupai. Koordinātu plaknē iespējams novērtēt cik dažādas vērtības lietotāji ir izvēlējušies, jo tā labi parāda arī vērtības, kas izmantotas reti, taču procentuālais sadalījums, ļauj labāk skaitliski novērtēt vērtības izvēles biežumu. Respondentu attēluzlabošanas rezultātu analīze tiks apskatīta katrā no funkciju kategorijām.

6.1.1. Attēla gaišuma funkcijas

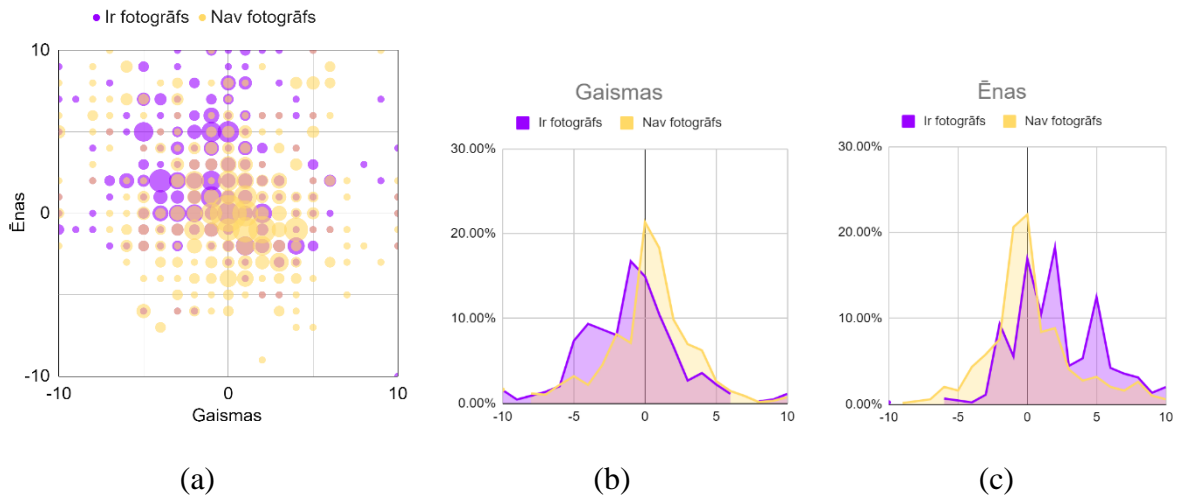
Analizējot lietotāju gaišuma un kontrasta vērtību izvēli (sk. 6.2. att.), iespējams novērtēt kā izvēlētie uzstādījumi tika izvēlēti katrā no izlases kopas grupām. Redzams, ka attēlojot šīs vērtības koordinātu plaknē (sk. 6.2. att. a) tiek izpētīts plašs gaišuma vērtību intervāls, savukārt kontrasta funkcijas vērtības tiek galvenokārt paaugstinātas. Iespējams novērot arī atšķirības abu izlases kopu gaišuma (sk. 6.2. att. b) un kontrasta (sk. 6.2. att. c) vērtību izvēles biežumu procentuāli grupās. Iespējams secināt, ka fotogrāfu grupa daudz biežāk izvēlas lielākas gaišuma un kontrasta funkcijas vērtības. Iespējams novērot, ka arī mazākas gaišuma funkcijas vērtības tiek plaši izmantotas fotogrāfu grupā.



6.2. att. Gaišuma un kontrasta attēluzlabošanas rezultāti:

(a) Vērtību izvēles biežums koordinātu plaknē, (b) un (c) procentuāli katrā grupā

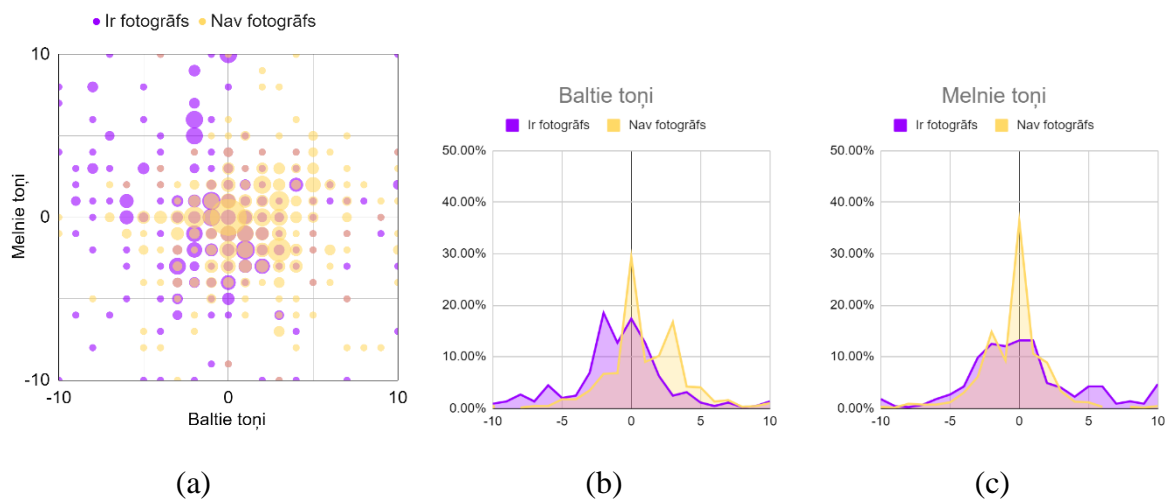
Analizējot respondentu izvēles gaišumu un ēnu funkcijām (sk. 6.3 att. a) iespējams secināt, ka šīs funkcijas tika izmantotas daudz plašākos intervālos, kā attēla gaišuma funkcijas. Rezultātos redzams, ka fotogrāfi biežāk izvēlas mazākas gaišuma funkcijas vērtības (sk. 6.3 att. b), savukārt ēnu funkcijai iespējams novērot, ka fotogrāfi biežāk izvēlējušies lielākas šīs funkcijas vērtības (sk. 6.3 att. c).



6.3. att. Gaismu un ēnu attēluzlabošanas rezultāti:

(a) Vērtību izvēles biežums koordinātu plaknē, (b) un (c) procentuāli katrā grupā

Balto un melno toņu funkciju lietojumā (sk. 6.4. att. a) redzams, ka lietotāji izvēlējušies ļoti dažādas funkciju vērtības. Fotogrāfi biežāk izvēlējušies mazākas balto toņu funkcijas vērtības, kā lietotāji, kuri nav fotogrāfi (sk. 6.4. att. b). Savukārt melno toņu funkcijas vērtības izmantotas dažādi, redzams, ka respondenti, kuri nav fotogrāfi lielākoties nav izmainījuši šīs funkcijas vērtību, taču fotogrāfu grupā ir gan ievērojams skaits lietotāju, kas izvēlas gan mazākas melno toņu vērtības, gan lielākas.

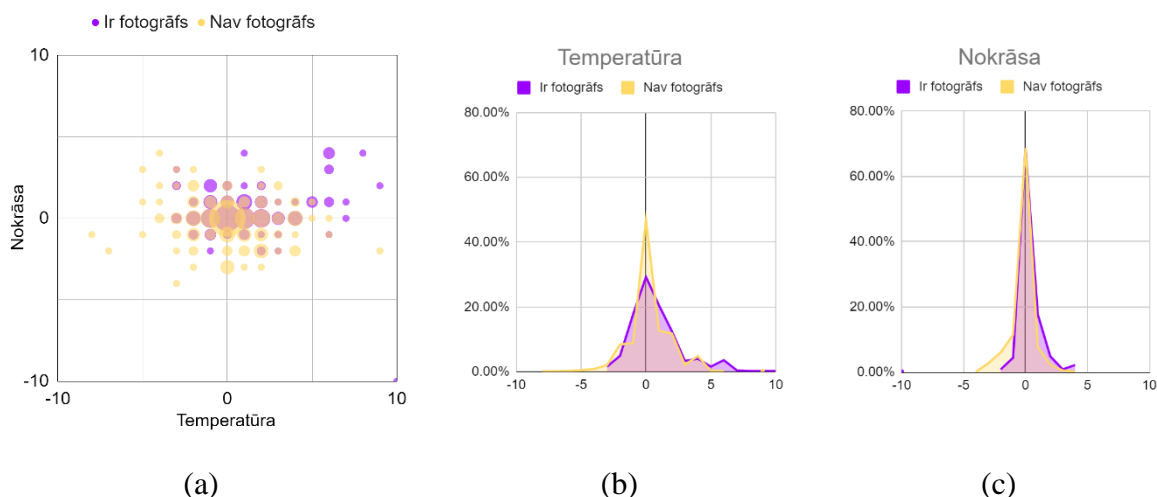


6.4. att. Balto un melno toņu attēluzlabošanas rezultāti:

(a) Vērtību izvēles biežums koordinātu plaknē, (b) un (c) procentuāli katrā grupā

6.1.2. Attēla krāsu funkcijas

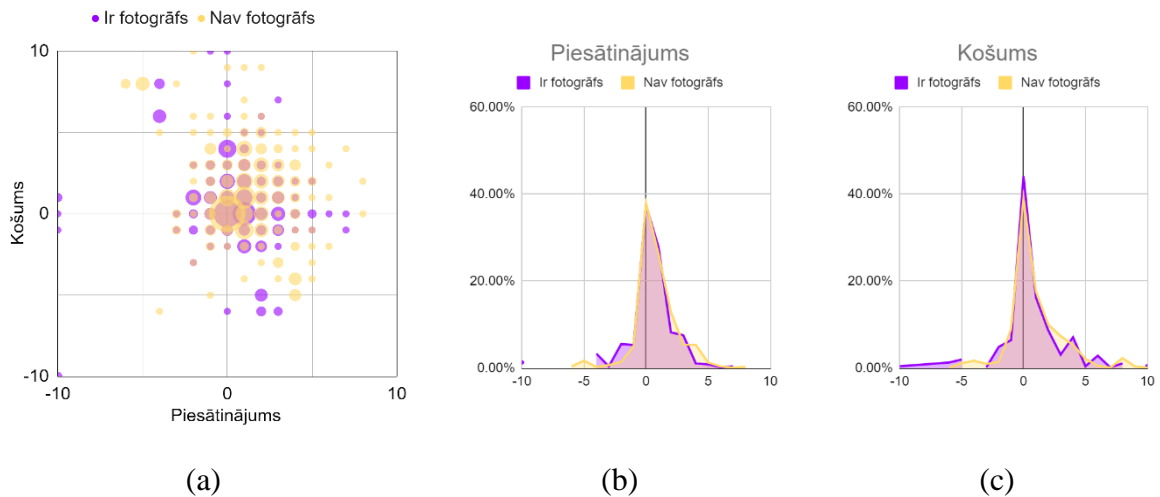
Aplūkojot temperatūras un nokrāsas funkciju lietojumu (sk. 6.5. att. a) redzams, ka lietotāji visbiežāk izvēlējušies pozitīvas temperatūras funkcijas vērtības (sk. 6.5. att. b), kas ļauj attēla krāsas padarīt siltākas. Savukārt temperatūras funkcija (sk. 6.5. att. c) izmantota daudz mazāk, lietotāju šīs funkcijas vērtības izvēlējušies nemainīt, vai izmainījuši tās par salīdzinoši mazām vērtībām.



6.5. att. Temperatūras un nokrāsas attēlu labošanas rezultāti:

(a) Vērtību izvēles biežums koordinātu plaknē, (b) un (c) procentuāli katrā grupā

Piesātinājuma un košuma funkcijas ir līdzīgas, tāpēc redzams, ka respondenti biežāk izvēlējušies palielināt vienu vai abas funkcijas (sk. 6.6. att. a), tādējādi iegūstot piesātinātākas un košākas attēla krāsas. Aplūkojot šo funkciju procentuālo lietojumu grupās, iespējams secināt, ka gan piesātinājuma (sk. 6.6. att. b), gan košuma (sk. 6.6. att. c) funkciju vērtības izvēlētas līdzīgi bieži.



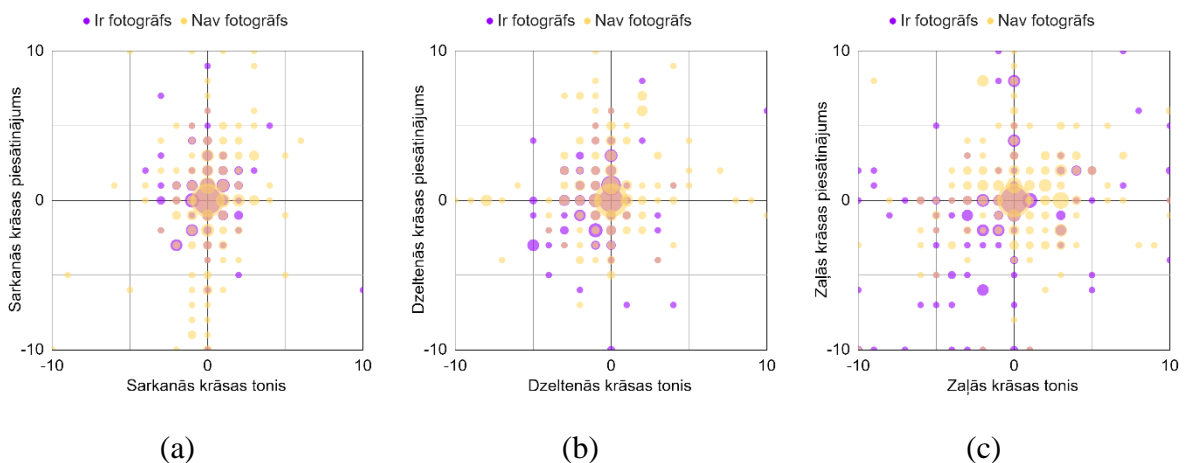
6.6. att. Piesātinājuma un košuma attēluzlabošanas rezultāti:

(a) Vērtību izvēles biežums koordinātu plaknē, (b) un (c) procentuāli katrā grupā

6.1.3. Atsevišķu krāsu funkcijas

Šajā nodaļā apskatītās atsevišķu krāsu funkcijas lielākā daļa lietotāju ir izvēlējušies neizmainīt, tāpēc jāņem vērā, ka apskatītās atšķirības to lietojumā neatbilst lielākajai daļai lietotāju. Taču funkciju lietojuma attēlojums koordinātu plaknē labi attēlo arī atsevišķus gadījumus, kuros lietotāji ir izvēlējušies attiecīgās vērtības.

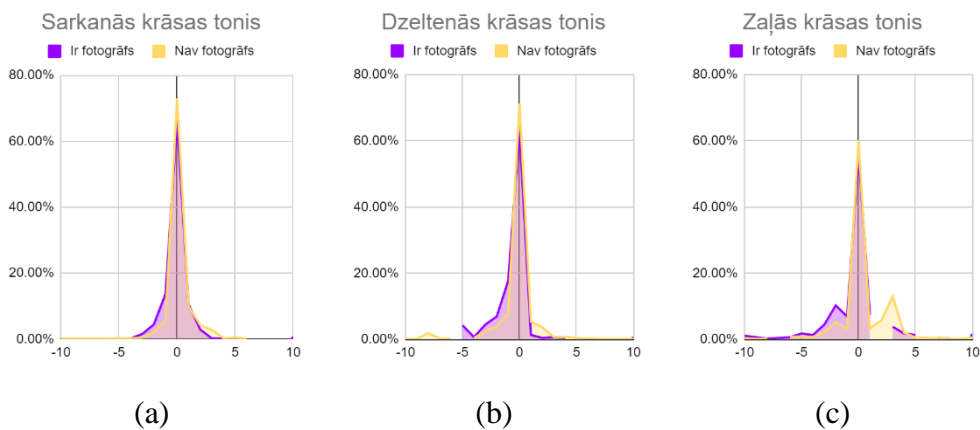
Aplūkojot sarkanās, dzeltenās un zaļās krāsas toņa un piesātinājuma funkcijas vērtību biežumu (sk. 6.7. att.) redzams, ka sarkanās krāsas tonis izmainīts vismazāk no visām pārējām krāsām.



6.7. att. Atsevišķu krāsu funkciju vērtību biežums koordinātu plaknē:

(a) Sarkanās, (b) dzeltenās un (c) zaļās krāsas tonis un piesātinājums

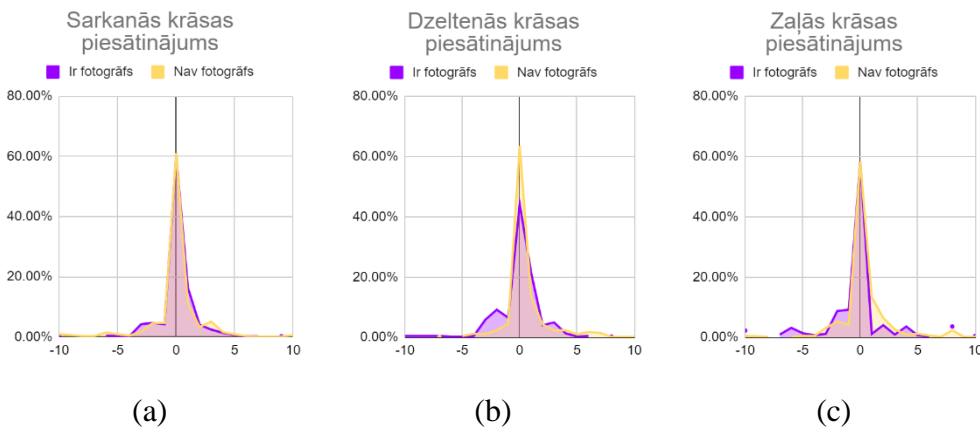
Aplūkojot šo krāsu toņa procentuālo lietojumu (sk. 6.11. att.) redzams, ka respondenti no fotogrāfu grupas šīm krāsām biežāk ir izvēlējušies nedaudz mazākas vērtības, kā lietotāji, kuri nav fotogrāfi. Interesanta parādība vērojama zaļās krāsas toņa lietojumā (sk. 6.11. att. c), lietotāji, kas atbilst fotogrāfu grupai ir biežāk izvēlējušies mazākas vērtības, taču lietotāji, kuri nav fotogrāfi – lielākas. Šai funkcijai abu grupu rezultāti rada spoguļattēlu, fotogrāfu grupai izvēloties zaļo krāsu pietuvināt dzeltenai, savukārt lietotāji kuri nav fotogrāfi to ir pietuvinājuši ciāna krāsai.



6.8. att. Atsevišķu krāsu funkciju vērtības procentuāli grupās:

(a) Sarkanās, (b) dzeltenās un (c) zaļās krāsas tonis

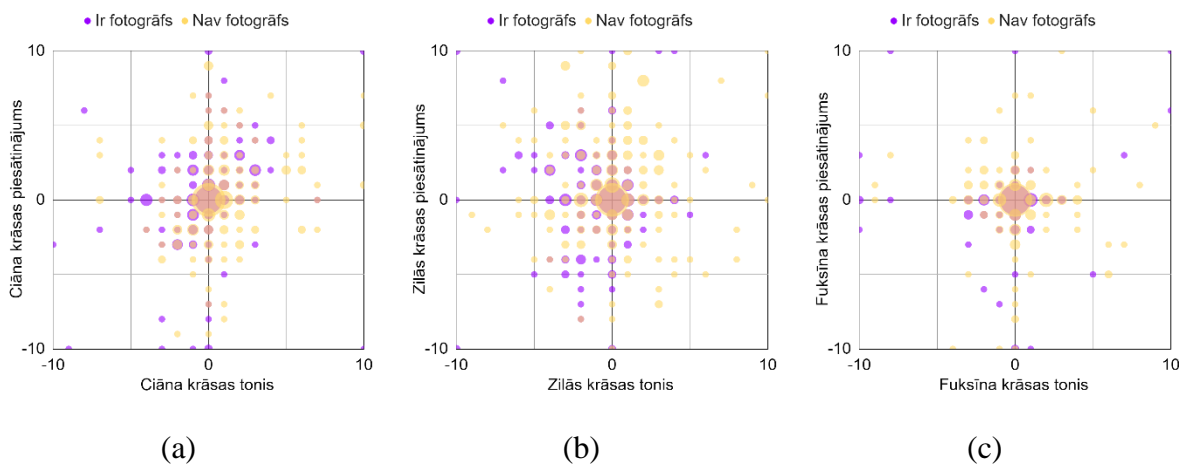
Sarkanās, dzeltenās un zaļās krāsas piesātinājuma funkcijas procentuālais sadalījums (sk. 6.9. att.) parāda, ka krāsu piesātinājums izmantots diezgan līdzīgi, redzama atšķirība dzeltenās krāsas piesātinājumā, daļa no fotogrāfu grupas ir izvēlējušies negatīvas funkciju vērtības biežāk. Līdzīgi arī zaļās krāsas piesātinājumam negatīvās vērtības ir izvēlētas nedaudz biežāk fotogrāfu grupai.



6.9. att. Atsevišķu krāsu funkciju vērtības procentuāli grupās:

(a) Sarkanās, (b) dzeltenās un (c) zaļās krāsas piesātinājums

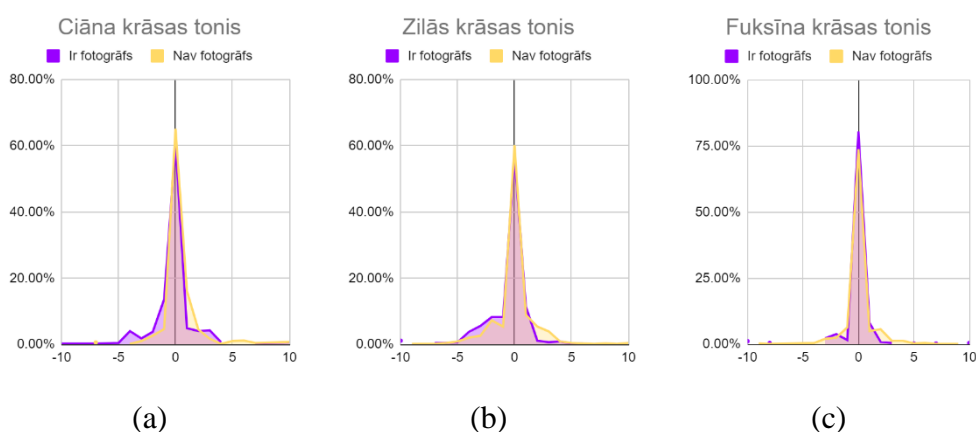
Ciāna, zilās un fuksīnas krāsas tonis un piesātinājums (sk. 6.10. att.) ļauj secināt, ka lietotāji vismazāk izmainījuši fuksīnas krāsas toni un piesātinājumu. Visvairāk respondenti ir izmainījuši zilās krāsas toni un piesātinājumu.



6.10. att. Atsevišķu krāsu funkciju vērtību biežums koordinātu plaknē:

(a) ciāna, (b) zilās un (c) fuksīnas krāsas tonis un piesātinājums

Aplūkojot šo krāsu toņa funkciju procentuālo lietojumu (sk. 6.11. att.), iespējams novērot, ka negatīvas ciāna krāsas toņa vērtības fotogrāfu grupa ir izvēlējusies nedaudz biežāk par lietotājiem, kuri nav fotogrāfi. Līdzīgi arī zilās krāsas toņa negatīvas vērtības lietotāji no fotogrāfu grupas ir izvēlējusies nedaudz biežāk. Fuksīnas krāsas toni abas lietotāju grupas ir mainījušas minimāli.

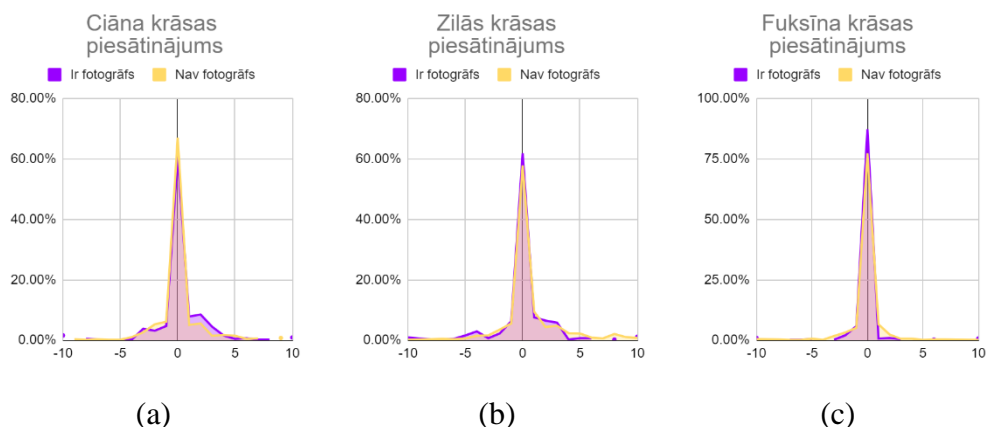


6.11. att. Atsevišķu krāsu funkciju vērtības procentuāli grupās:

(a) Ciāna, (b) zila un (c) fuksīnas krāsas tonis

Līdzīgi apskatot ciāna, zilās un fuksīnas krāsas piesātinājuma procentuālo lietojumu (sk. 6.12. att.) iespējams novērtēt, ka gan ciāna gan zilās krāsas vērtības mainītas līdzīgi un abu

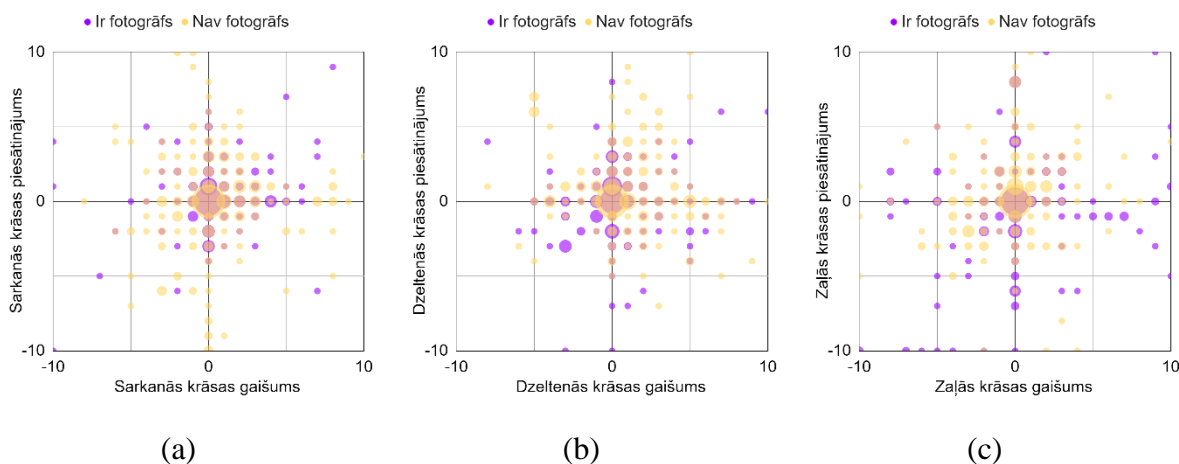
grupu procentuālais funkciju izvēles biežums arī ir ļoti līdzīgs. Taču fuksīna krāsas piesātinājums lielākoties netika mainīts.



6.12. att. Atsevišķu krāsu funkciju vērtības procentuāli grupās:

(a) Cīāna, (b) zila un (c) fuksīna krāsas piesātinājums

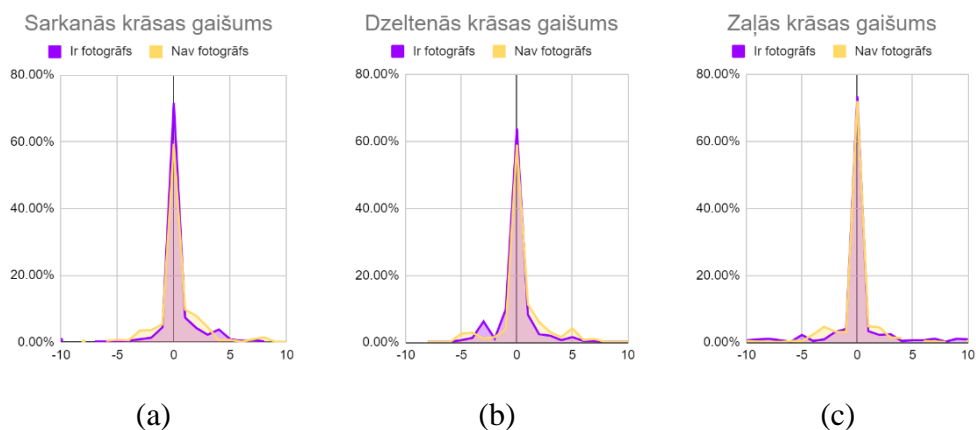
Līdzīgi kā tika apskatīts krāsu toņa un piesātinājuma vērtības, tiks apskatīts arī šo krāsu gaišuma izvēlēs. Aplūkojot sarkanās, dzeltenās un zaļās krāsas gaišuma funkcijas (sk. 6.13. att.) iespējams secināt, ka visām trīs krāsām ir diezgan plaši izmantotas gaišuma funkciju vērtības.



6.13. att. Atsevišķu krāsu funkciju vērtību biežums koordinātu plaknē:

(a) Cīāna, (b) zilas un (c) fuksīnu krāsas gaišums un piesātinājums

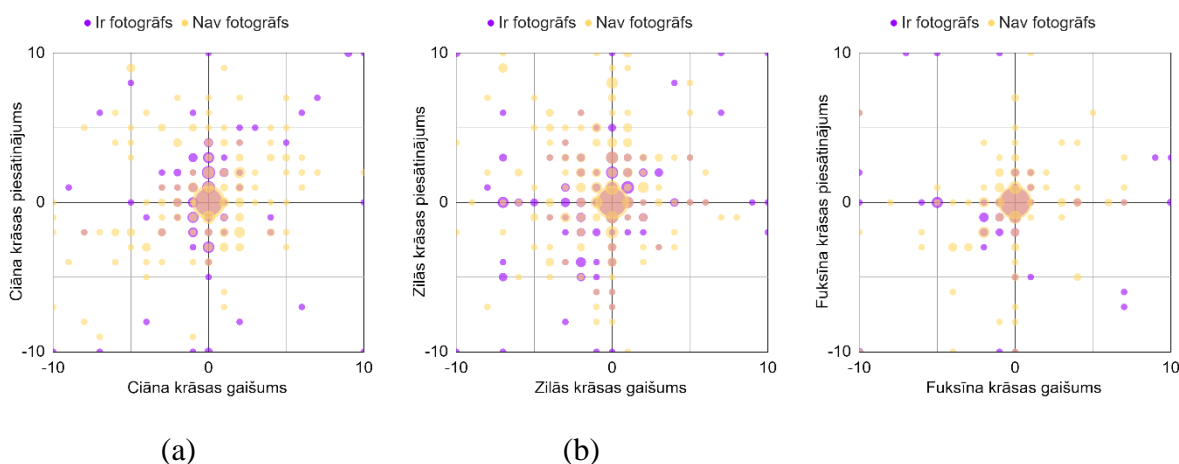
Aplūkojot šo krāsu gaišuma funkcijas procentuālo sadalījumu (sk. 6.14. att.), iespējams novērot, ka sarkanās krāsas gaišumu lielākoties ir mainījuši lietotāji, kuri nav fotogrāfi. Dzeltenās krāsas gaišumu neliela daļa lietotāju ir mainījusi, redzams, ka fotogrāfu grupas respondenti ir izvēlējušies negatīvas šīs funkcijas vērtības, kas padara dzelteni krāsu tumšāku. Arī zaļās krāsas gaišums ir mainīts ļoti reti.



6.14. att. Atsevišķu krāsu funkciju vērtības procentuāli grupās:

(a) Sarkanās, (b) dzeltenās un (c) zaļās krāsas gaišums

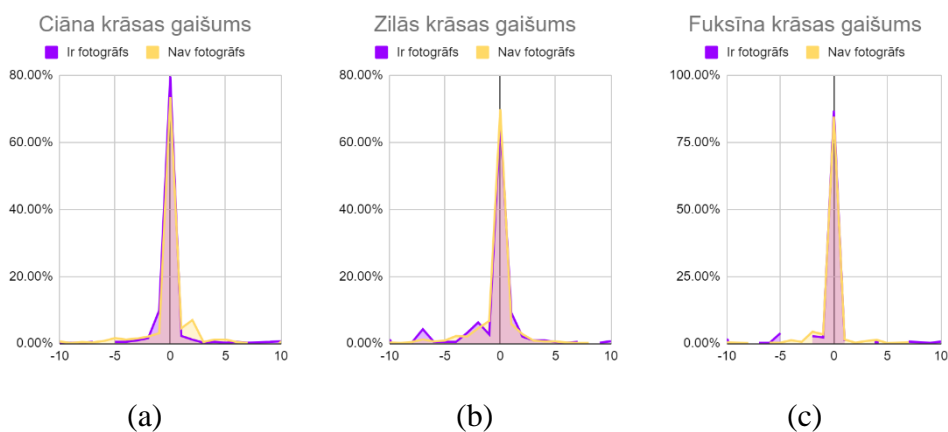
Ciāna zilas un fuksīna krāsas gaišuma funkciju vērtību biežums (sk. 6.15. att.) parāda, ka gan ciāna, gan zilās krāsas gaišuma funkcijas tiek izmantotas daudz plašāk kā fuksīna krāsas gaišums.



6.15. att. Atsevišķu krāsu funkciju vērtību biežums koordinātu plaknē:

(a) Ciāna, (b) zilās un (c) fuksīna krāsas gaišums un piesātinājums

Šo krāsu procentuālais lietojums grupās (sk. 6.16. att.) parāda, ka ciāna krāsas gaišuma funkcijas pozitīvās vērtības biežāk izvēlējušies respondenti, kuri nav fotogrāfi. Savukārt Zilās krāsas gaišuma procentuālais lietojums parāda, ka biežāk tiek izmantotas negatīvas gaišuma funkcijas vērtības. Fuksīna krāsas gaišuma funkcijas procentuālais lietojums parāda, ka šīs krāsas gaišuma funkciju lietotāji ir izmantojuši reti.



6.16. att. Atsevišķu krāsu funkciju vērtības procentuāli grupās:

(a) Ciāna, (b) zilas un (c) fuksīnu krāsas gaišums

6.2. Lietotāju vidējie rezultāti

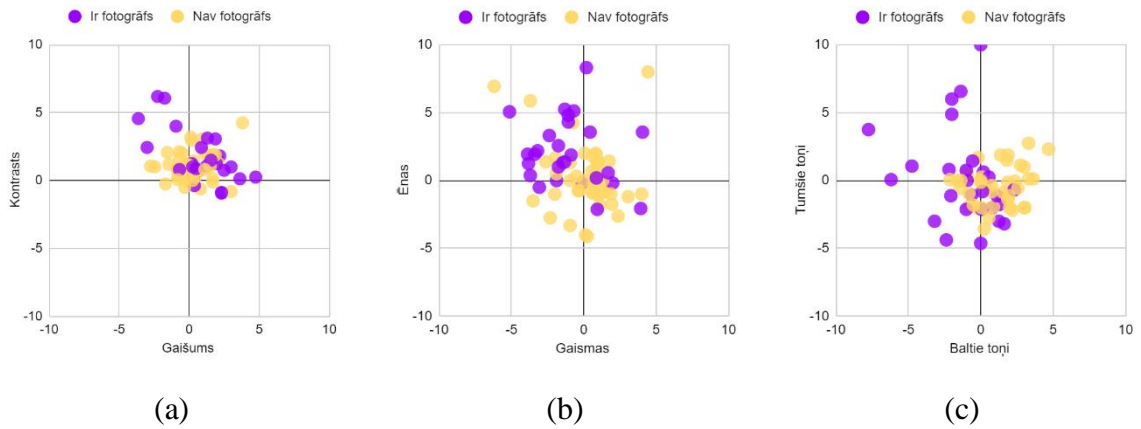
Aprēķinot respondenta vidējo vērtību un atliekot to koordinātu plaknē iespējams novērot lietotāju grupu kopīgās un atšķirīgās iezīmes.

6.2.1. Attēla gaišuma funkcijas

Aplūkojot attēla gaišuma funkcijas (sk. 6.17. att.) iespējams novērtēt lietotāju līdzības, piemēram attēla gaišuma un kontrasta funkcijām (sk. 6.17. att. a) iespējams novērtēt, ka lielākā daļa lietotāju, kuri nav fotogrāfi atrodas koordinātu plaknes vidū, savukārt respondenti, kas pieder fotogrāfu grupai ir sadalījušies divās daļās, viena no tām izvēlas gaišākus attēlus ar vidēju kontrasta līmeni, savukārt otra izvēlas apstrādāt tumšākus attēlus ar daudz augstāku kontrasta līmeni kā pārējie respondenti.

Attēla gaismas un ēnas funkcijas (sk. 6.17. att. b) parāda, ka lielākā daļa fotogrāfu izvēlas negatīvas gaismas un pozitīvas ēnas vērtības, savukārt lietotāji, kuri nav fotogrāfi izvēlas daudz neitrālākas vērtības.

Līdzīgi kā attēla gaismas un ēnas funkcijas arī attēla balto un melno toņu funkcijas (sk. 6.17. att. c) parāda, ka lietotāji, kuri nav fotogrāfi izvēlas daudz neitrālākas funkciju vērtības kā lietotāji no fotogrāfu grupas. Redzams, ka fotogrāfu grupas dalībnieki lielākoties izvēlas negatīvas balto toņu funkcijas vērtības, taču grupas izvēles melno toņu funkcijas vērtībās ir bijušas dažādas, vairāki lietotāji izvēlējušies pozitīvas melno toņu vērtības, kas rada “izbalējuša” attēla efektu, savukārt otra daļa izvēlējusies negatīvas vērtības, kas paaugstina attēla kontrastu un padara melnos toņus vēl tumšākus.



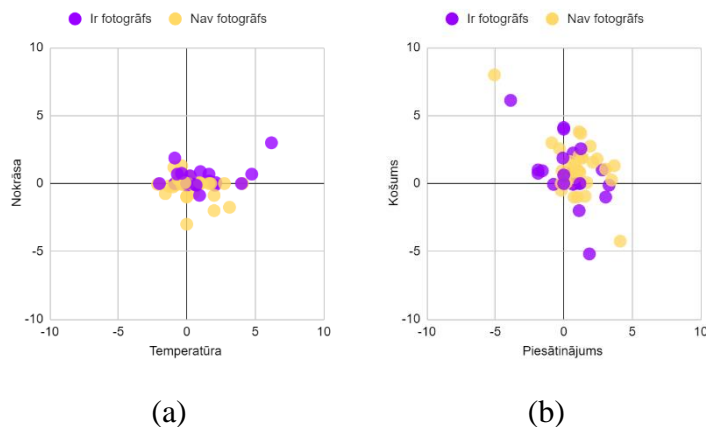
6.17. att. Gaišuma funkciju grupas lietotāju vidējie rezultāti:

(a) Gaišuma un kontrasta, (b) gaismas un ēnas, (c) balto un melno toņu funkcijām

Attēla gaišuma funkcijas labi parāda atšķirības starp lietotāju grupām un dažādu lietotāju kopīgās iezīmes.

6.2.2. Attēla krāsu funkcijas

Attēlu krāsu funkcijas salīdzinoši ar attēla gaišuma funkcijām neparāda noteiktas lietotāju grupu īpašības. Krāsu temperatūras un nokrāsu (sk. 6.18. att. a) parāda, ka lietotāji izvēlējušies lielākas temperatūras vērtības, taču nokrāsu funkcijas izvēlējušies lielākoties neitrāli. Savukārt krāsu piesātinājuma un košuma funkciju vērtības (sk. 6.18. att. b) respondenti izvēlējušies lielākas vērtības vienai vai abām no funkcijām. Redzami arī atsevišķi lietotāji, kuri izvēlējušies negatīvas piesātinājuma vērtības un pozitīvas košuma vērtības un otrādi.



6.18. att. Attēla krāsu funkciju grupas lietotāju vidējie rezultāti:

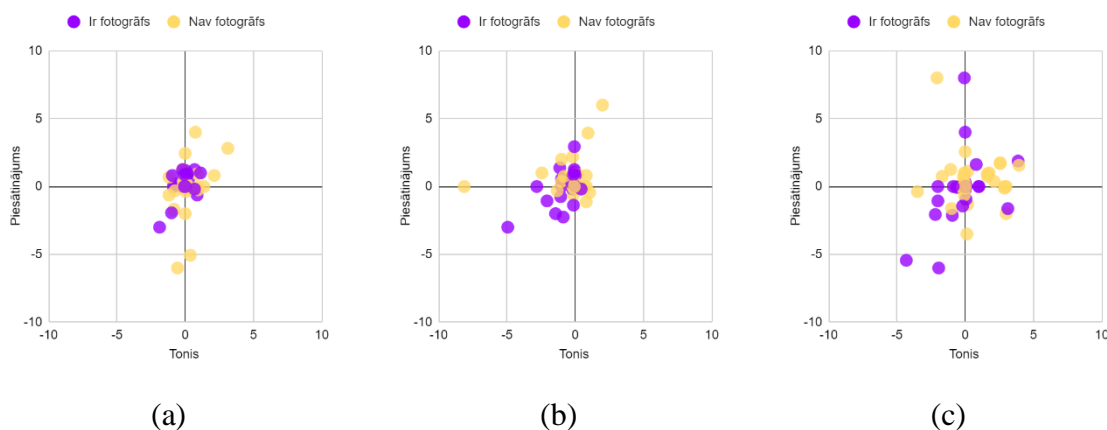
(a) Temperatūra un nokrāsa, (b) piesātinājums un košums

Attēla krāsas funkciju lietojumā iespējams novērot lietotāju kopīgās iezīmes, taču funkcijas mazāk parāda lietotāju grupu īpatnības.

6.2.3. Atsevišķu krāsu funkcijas

Aplūkojot sarkanās, dzeltenās un zaļās krāsas toni un piesātinājumu (sk. 6.19. att.) iespējams novērtēt cik ļoti vairāk lietotāji izvēlas manipulēt ar zaļo krāsu salīdzinājumā ar dzelteni un sarkano krāsu.

Sarkanās krāsas toņa un piesātinājuma funkcijas (sk. 6.19. att. a), parāda, ka lietotāji, kuri ir fotogrāfi, lielākoties izvēlas nemainīt šo funkciju vērtības vai maina tās minimāli. Savukārt lietotāji, kuri nav fotogrāfi, šīs funkcijas vērtības ir izmainījuši daudz vairāk, it īpaši tas redzams piesātinājuma vērtībās. Dzeltenās krāsas toņa un piesātinājuma funkcijas ļauj secināt, ka lietotāji, kuri ir fotogrāfi vidēji izvēlas samazināt šīs krāsas toņa vērtību un piesātinājumu. Savukārt zaļās krāsas toņa un piesātinājuma funkcijas vērtības lietotāji ir izmainījuši daudz vairāk, it īpaši zaļās krāsas piesātinājumu (sk. 6.19. att. c).



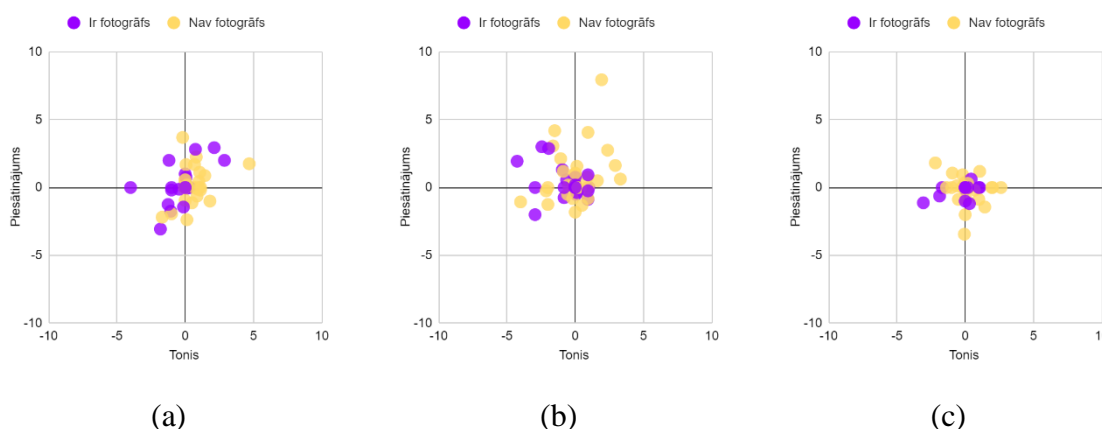
6.19. att. Atsevišķu krāsu funkciju grupas lietotāju vidējie rezultāti:

(a) sarkanās, (b) dzeltenās un (c) zaļās krāsas tonis un piesātinājums

Ciāna, zilās un fuksīna krāsas tonis un piesātinājums (sk. 6.19. att.) lietots dažādi, ciāna krāsas tonis un piesātinājums (sk. 6.19. att. a) parāda, ka lietotāji, kuri ir fotogrāfi lielākoties izvēlas mazākas krāsas toņa vērtības kā lietotāji, kuri nav fotogrāfi.

Zilās krāsas tonis un piesātinājums (sk. 6.19. att. b), parāda, ka lietotāji, kuri ir fotogrāfi, biežāk izvēlas negatīvas funkcijas vērtības, tādējādi pietuvinot zilo krāsu ciāna krāsai. Redzams, ka daļa lietotāju, kuri nav fotogrāfi, ir izvēlējušies pozitīvas zilās krāsas toņa vērtības un lielākas piesātinājuma vērtības.

Fuksīna krāsas toni un piesātinājumu (sk. 6.20. att. c) lietotāji izmantojuši mazāk, rezultātā lielākā daļa lietotāju ir grupēti pie neitrālām šo funkciju vērtībām.

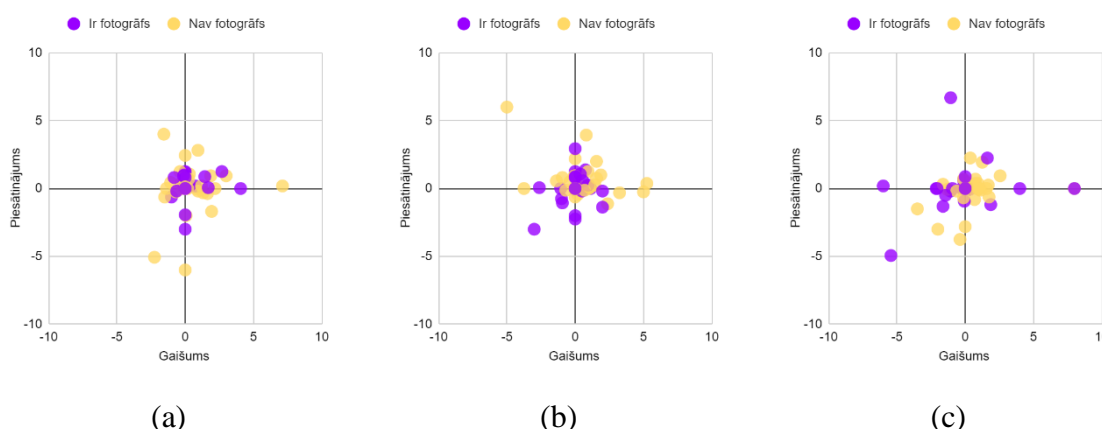


6.20. att. Atsevišķu krāsu funkciju grupas lietotāju vidējie rezultāti:

(a) ciāna, (b) zilās un (c) fuksīna krāsas tonis un piesātinājums

Līdzīgi kā iepriekš tika aplūkota atsevišķu krāsu toņa un piesātinājuma funkcijas, tiks apskatītas atsevišķu krāsu gaišuma funkcijas. Tās tiks apskatītas koordinātu plaknē, izmantojot attiecīgās krāsas piesātinājumu, kas jau tika aprakstīts iepriekš.

Aplūkojot sarkanās krāsas gaišumu (sk. 6.21. att. a), redzams, ka lietotāji lielākoties izvēlējušies neitrālas vai pozitīvas sarkanās krāsas gaišuma vērtības. Dzeltēnās krāsas gaišuma funkcija (sk. 6.21. att. b) izmantota gan ar pozitīvām gan negatīvām vērtībām. Savukārt zaļās krāsas gaišums manipulēts visvairāk (sk. 6.21. att. c). Redzams, ka lietotāji, ir izvēlējušies gan padarīt zaļo krāsu gaišāku, gan tumšāku, lai gan lielākā daļa lietotāju joprojām izvēlas neitrālas vērtības.

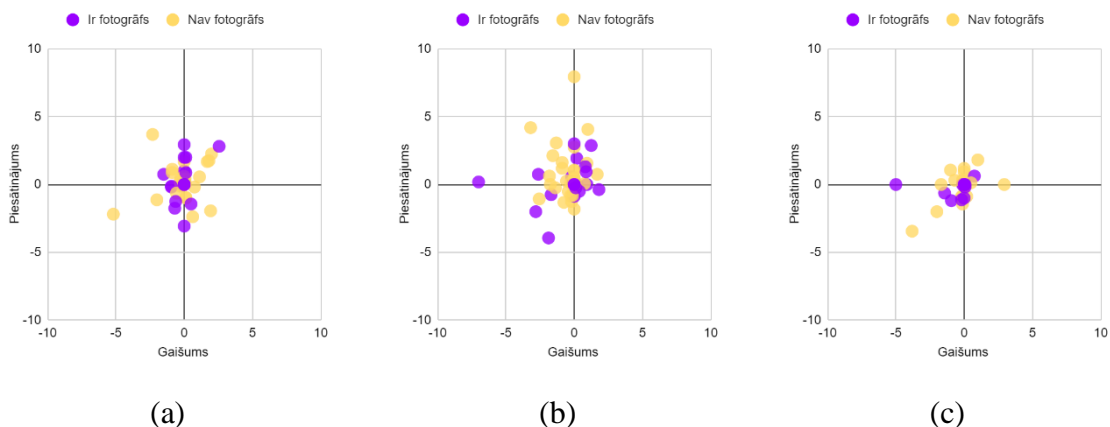


6.21. att. Atsevišķu krāsu funkciju grupas lietotāju vidējie rezultāti:

(a) sarkanās, (b) dzeltenās un (c) zaļās krāsas gaišums un piesātinājums

Ciāna krāsas gaišuma funkcijai (sk. 6.22. att. a) lietotāji izvēlējušies pārsvarā neitrālas vērtības, savukārt zilās krāsas gaišuma funkcija (sk. 6.22. att. b) lielākoties izmantota ar

negatīvām vērtībām, ka padara šo krāsu tumšāku. Fuksīna krāsas gaišums lielākoties ir ar neitrālām vērtībām un ir ticis samazināts tikai dažiem lietotājiem (sk. 6.22. att. c).



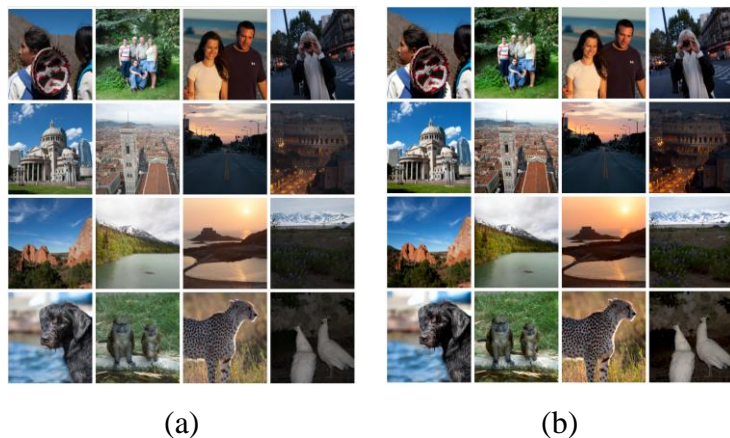
6.22. att. Atsevišķu krāsu funkciju grupas lietotāju vidējie rezultāti:

(a) ciāna, (b) zilas un (c) fuksīna krāsas gaišums un piesātinājums

Apkopojot lietotāju vidējos rezultātus atsevišķu krāsu funkcijām iespējams novērot, ka dažas krāsas lietotāji izvēlas koriģēt un ir atsevišķas funkcijas, kuras atspoguļo novērojamas atšķirības starp respondentu grupām.

6.3. Attēluzlabošanas funkciju lietojums starp attēliem

Lietotāju izvēles iespējams salīdzināt arī starp attēliem, aprēķinot vidējos attēlu apstrādes uzstādījumus katram no attēliem (sk. 6.23. att. b). Vidējie uzstādījumi parāda salīdzinoši nelielu atšķirību no oriģinālajiem attēliem, redzams, ka fotogrāfijām ir uzlabots attēla gaišums, kā arī attēla krāsas ir piesātinātākas.



6.23. att. (a) Oriģinālie attēli un (b) vidējie attēluzlabošanas rezultāti attēliem

Jāņem vērā, ka turpmāk apskatītās vidējās funkciju vērtības katram attēlam ir salīdzinoši nelielas un vizuāli šo šīs atšķirības ir grūti novērtēt, taču neskatoties uz to, tās pastāv.

6.3.1. Attēla gaišuma funkcijas

Šajā nodaļā redzami attēli atspoguļo attēlus secībā, līdzīgi kā tas redzams iepriekš apskatītajos attēlos (sk. 6.23. att.). Attēli apzīmēti ar attiecīgajām satura un gaismas kategorijām, lai novērtētu atšķirības starp tām.

Apskatot vidējos attēluzlabošanas rezultātus attēliem (sk. 6.24. att.) redzams, ka attēla gaišuma funkcijai (sk. 6.24. att. a) attēliem ir ļoti dažādas vidējās funkcijas vērtības. Izteikti šī atšķirība redzama attēlos gaismas kategorijās “Apmācies”, kas raksturo attēlus ar netiešu saules gaismu un “Krēslas”, kuri apraksta attēlus ar minimālu gaismas daudzumu. Netiešas saules gaismas kategorijā ir izmantots vidēji mazākas gaišuma funkcijas vērtības, kas padarītu šos attēlus tumšākus. Interesanti ir arī krēslas kategorijas gaišuma funkcijas rezultāti, redzams, ka gandrīz visiem attēliem izmantots vidēji lielākas gaišuma funkciju vērtības, kas padara šos attēlus gaišākus. Izņēmums tam ir attēls no pilsētas kategorijas, kas parāda, ka šo attēlu lietotāji nav izvēlējušies padarīt gaišāku.

Kontrasta funkcijas lietojums starp attēliem (sk. 6.24. att. b) parāda, ka vidēji visiem attēliem ir izmantotas lielākas kontrasta vērtības. Attēlam no kategorijām “Apmācies” un “Pilsēta” izmantota visaugstākā vērtība, kas iespējams ir tāpēc, ka oriģināli šai fotogrāfijai ir salīdzinoši mazs kontrasta līmenis. Iespējams novērot, ka kontrasta funkcijas attēla satura kategorijās ir atšķirīgas, piemēram satura kategorijā “Dzīvnieks” vērtības ir lielākas, kā kategorijā “Cilvēks”.

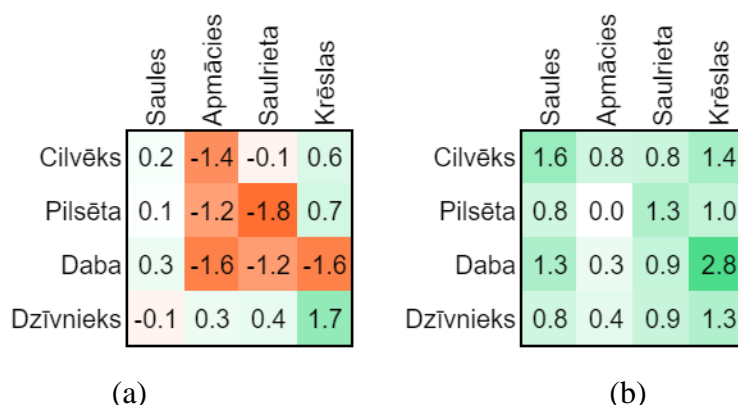


6.24. att. Vidējie attēluzlabošanas rezultāti attēliem:

(a) Gaišuma un (b) kontrasta funkcijas

Attēla gaismu funkcija (sk. 6.25. att. a) izmantota dažādi, redzams, ka lielākajai daļai no kategorijām “Apmācies” un “Daba”, kā arī attēlam no kategorijām “Saulriets” un “Pilsēta” ir izmantotas negatīvas funkciju vērtības. Daļa no šiem attēliem, sakrīt ar tiem, kuriem tika samazināta gaišuma funkcijas vērtība (sk. 6.24. att. a). Iespējams, ka attiecīgajiem attēliem no kategorijām “Saulriets” un “Krēslas”, šī funkcija izmantota, jo attēlos redzamas gaišas debesis un tumšas pārējās attēla daļas.

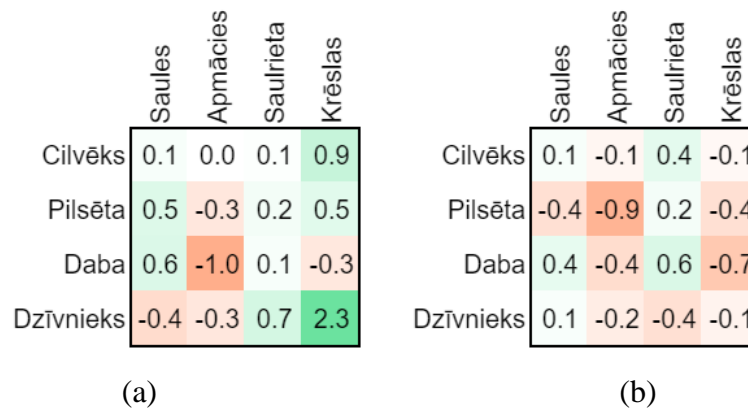
Ēnu funkcijas vērtības tika izmantotas salīdzinoši vienmērīgāk (sk. 6.25. att. b), Vislielākā vērtība izmantota attēlam no kategorijām “Krēslas” un “Daba”. Līdzīgi kā attēla gaismu funkcija, šī funkcija iespējams izmantota, lai padarītu daļu no attēla gaišāku.



6.25. att. Vidējie attēluzlabošanas rezultāti attēliem:

(a) Gaismu un (b) ēnu funkcijas

Balto un melno toņu vidējie attēluzlabošanas rezultāti (sk. 6.26. att.) parāda, ka šo funkciju vērtības izmantotas mazāk kā citas attēla gaišuma funkcijas. Balto toņu funkcijas vērtības (sk. 6.26. att. a) ir vislielākās attēlā no kategorijām “Krēslas” un “Dzīvnieks”, lai padarītu attēlu gaišāku. Savukārt melno toņu funkcijai (sk. 6.26. att. b) vismazākā vērtība ir attēlam no kategorijām “Pilsēta” un “Apmācies”, šis attēls ir ar salīdzinošu zemu kontrasta līmeni, tāpēc maza melno toņu vērtība ļauj padarīt attēlu tumšāku un paaugstināt kontrasta līmeni reizē.



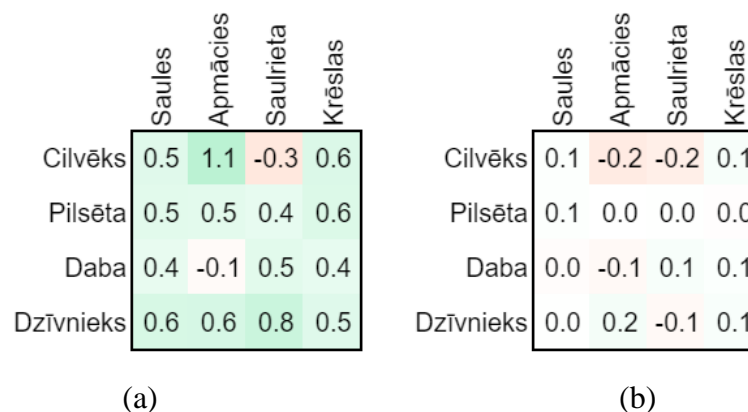
6.26. att. Vidējie attēlzlabošanas rezultāti attēliem:

(a) Balto toņu un (b) melno toņu funkcijas

Kopumā aplūkojot attēla gaišuma funkcijas iespējams secināt, ka lielāka nozīme ir attēla gaismas kategorijai kā satura, taču šis nav vienīgais nosacījums, kas ietekmē respondentu attēlzlabošanas rezultātus.

6.3.2. Attēla krāsu funkcijas

Attēla temperatūras funkciju (sk.6.27. att. a) respondenti vidēji ir izvēlējušies pozitīvas vērtības, izņēmumi ir attēls no kategorijām “Saulriets” un “Cilvēks”, kā arī “Apmācies” un “Daba”, Nokrāsas funkcijas izmantota salīdzinoši mazāk par temperatūras funkciju (sk.6.27. att. b), lielākā daļa no vērtībām ir ļoti tuvu nullei.



6.27. att. Vidējie attēlzlabošanas rezultāti attēliem:

(a) Temperatūras un (b) nokrāsas funkcijas

Aplūkojot attēlu piesātinājuma un košums funkcijas (sk. 6.28. att.) redzams, ka gan attēla piesātinājums (sk. 6.28. att. a), gan košums (sk. 6.28. att. b). izmantots līdzīgi, abām funkcijām

vismazākā vērtība ir attēlam no kategorijām “Saulriets” un “Cilvēks”, kas sakrīt arī ar temperatūras funkcijas lietojumu.

	Saules	Apmācies	Saulrieta	Krēslas
Cilvēks	0.6	0.8	0.0	0.5
Pilsēta	0.6	0.9	0.9	0.5
Daba	0.6	0.6	0.6	1.0
Dzīvnieks	0.7	0.7	0.6	0.3

(a)

	Saules	Apmācies	Saulrieta	Krēslas
Cilvēks	0.7	0.7	0.1	0.7
Pilsēta	0.8	0.8	1.2	0.8
Daba	0.5	0.6	1.0	1.5
Dzīvnieks	0.9	0.8	1.0	1.1

(b)

6.28. att. Vidējie attēlu labošanas rezultāti attēliem:

(a) Piesātinājuma un (b) košuma funkcijas

Apkopojot krāsu funkcijas vidējos rezultātus attēliem iespējams secināt, ka tās izmantotas salīdzinoši vienmērīgi, viens no izņēmumiem ir attēls no kategorijām “Saulriets” un “Cilvēks”, kas parāda, ka šai funkciju grupai ir nozīmīgs attēla saturs, jo respondenti ir ņēmuši vērā fotogrāfijā attēloto cilvēku ādas krāsu un izvēlējušies atbilstošus uzstādījumus, kas nepadara ādas krāsu sarkanu.

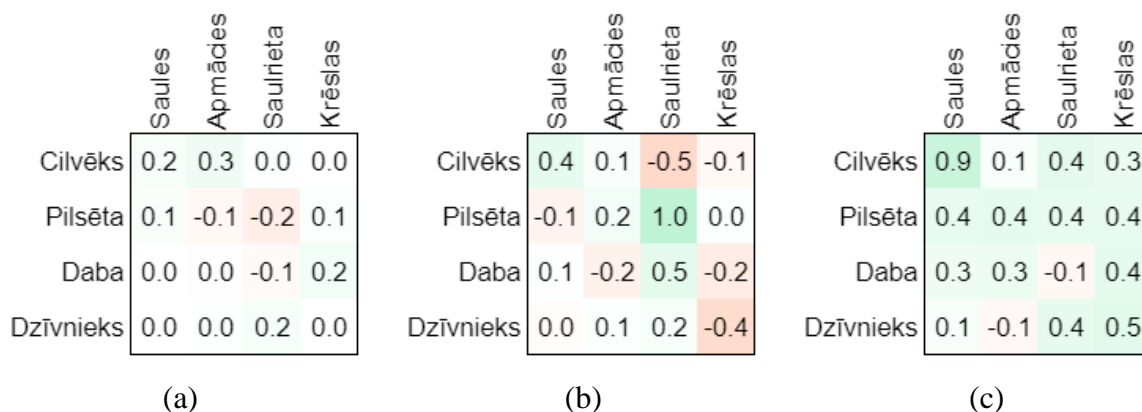
6.3.3. Atsevišķu krāsu funkcijas

Aplūkojot sarkanās krāsas funkcijas (sk. 6.29. att.), iespējams novērot, ka sarkanās krāsas tonis attēliem tika izmainīts ļoti minimāli (sk. 6.29. att. a). Vismazākā vērtība ir attēlam no kategorijām “Saulriets” un “Pilsēta”, kas atspoguļo respondentu vēlmi pietuvināt attēlā redzamo saulrieta sarkano krāsu fuksīna krāsai.

Savukārt krāsas piesātinājums tika izmainīts dažādiem attēliem (sk. 6.29. att. b). Redzams, ka šī vērtība ir vislielākā attēlam no kategorijām “Saulriets” un “Pilsēta”, šajā attēlā redzams saulriets, tāpēc lietotāji ir mēģinājuši to padarīt košāku. Interesanti, ka mazākās piesātinājuma vērtības redzamas diviem attēliem, attēlam no kategorijas “Saulriets” un “Cilvēks” un attēlam no kategorijas “Krēslas” un “Dzīvnieks”. Pirmais no šiem attēliem attēlo cilvēkus pludmalē, kuru apspīd siltas krāsas saules gaisma, cilvēku sejas saulē izskatās sarkanas, tāpēc lietotāji ir samazinājuši sarkanās krāsas piesātinājumu. Savukārt, attēls no kategorijām “Krēslas” un “Dzīvnieks” nesatur pietiekamu sarkanās krāsas daudzumu, lai

lietotājiem būtu iespēja to mainīt, tāpēc iespējams, ka šī vērtība ir radusies balstoties uz prognozētajiem uzstādījumiem un nav tikusi izmainīta šim attēlam.

Sarkanās krāsas gaišuma (sk. 6.29. att. c) vērtība ir vislielākā attēlam no kategorijām “Cilvēks” un “Saules”, šajā attēlā attēlots, cilvēks, kura sejas krāsa ir daļēji ēnā, tāpēc lietotāji ir palielinājuši sarkanās krāsas gaišumu, tādējādi padarot cilvēka seju gaišāku.

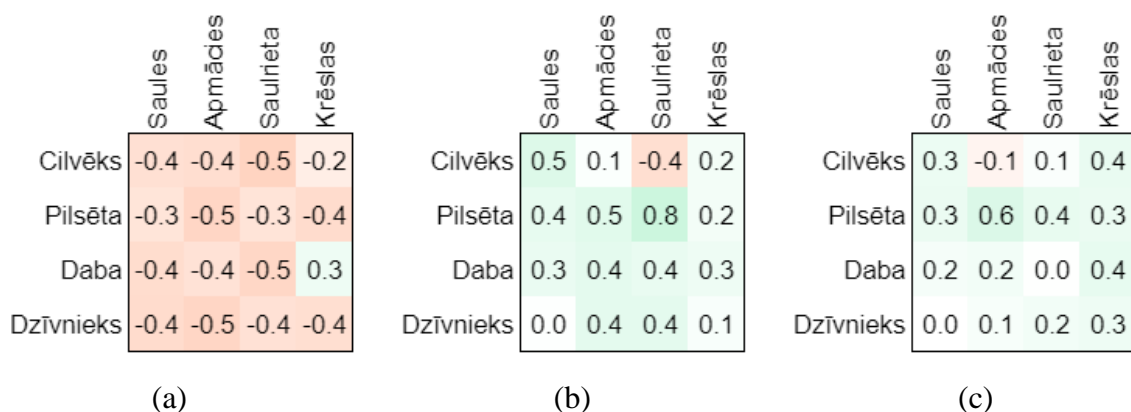


6.29. att. Vidējie attēluzlabošanas rezultāti attēliem:

Sarkanās krāsas (a) toņa, (b) piesātinājuma un (c) gaišuma funkcijas

Dzeltenās krāsas toņa attēluzlabošanas uzstādījumi (sk. 6.30. att. a) parāda, ka lietotāji vidēji ir izvēlējušies izmainīt dzeltenās krāsas toni, pietuvinot to oranžai krāsai. Izņēmums šim ir attēls no kategorijām “Krēsla” un “Daba”, kurā redzama pļava. Respondenti ir izvēlējušies šim attēlam vidēji piešķirt pozitīvu vērtību, kas padara fotogrāfijā redzamo pļavu zaļāku.

Savukārt dzeltenās krāsas piesātinājumam (sk. 6.30. att. b), lielākoties izvēlētas pozitīvas vērtības, kas padara dzeltenu krāsu košāku. Izņēmums, līdzīgi kā sarkanās krāsas piesātinājumam ir attēlam no kategorijām “Saulriets” un “Cilvēks”. Dzeltenās krāsas gaišums (sk. 6.30. att. c) salīdzinājumā ar citām dzeltenās krāsas funkcijām izmantots daudz mazāk.

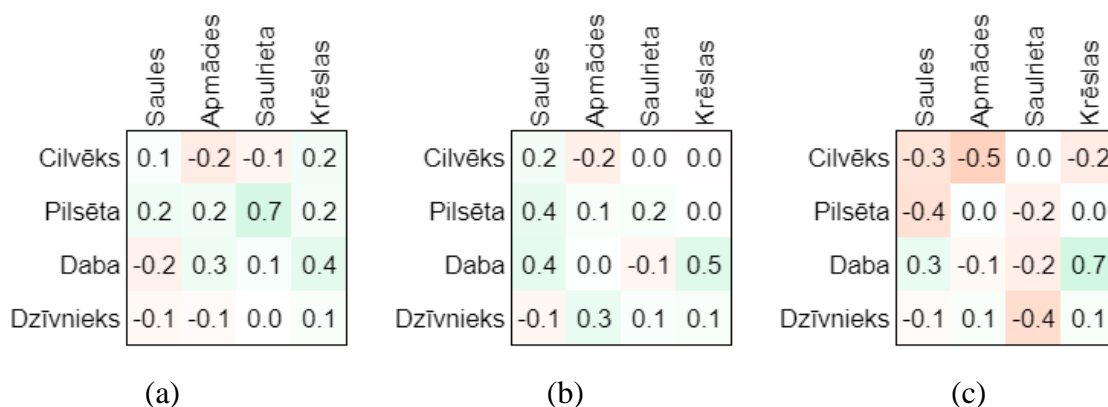


6.30. att. Vidējie attēluzlabošanas rezultāti attēliem:

Dzeltenās krāsas (a) toņa, (b) piesātinājuma un (c) gaišuma funkcijas

Zaļās krāsas toņa funkcija (sk. 6.31. att. a) izmantota salīdzinoši maz, vislielākā vidējā vērtība redzama attēlā no kategorijām “Saulriets” un “Pilsēta”, kurā zaļā krāsas daudzums ir ļoti minimāls. Līdzīgi arī zaļās krāsas piesātinājuma vidējās vērtības (sk. 6.30. att. b) ir neitrālas.

Savukārt zaļās krāsas gaišuma funkcija (sk. 6.31. att. c) lielākoties izmantota ar negatīvām vērtībām, redzams, ka vismazākā vērtība ir attēlam no kategorijām “Apmācies” un “Cilvēks”, fotogrāfija satur daudz zaļās krāsas laukumu, kurus lietotāji ir izvēlējušies padarīt tumšākus. Pozitīva vērtība redzama attēlam ar kategorijām “Krēslas” un “Dzīvnieks”, fotogrāfijā redzamā pļava salīdzinot ar fonu ir tumša, tāpēc lietotāji ir to padarījuši gaišāku izmantojot zaļās krāsas gaišuma funkciju.



6.31. att. Vidējie attēluzlabošanas rezultāti attēliem:

Zaļās krāsas (a) toņa, (b) piesātinājuma un (c) gaišuma funkcijas

Ciāna krāsas (sk. 6.32. att.) tonis izmainīts salīdzinoši maz, taču krāsas piesātinājums, izmainīts līdzīgi kā zaļās krāsas piesātinājums, kas ļauj secināt, ka šīs funkcijas bieži izmantotas kopā. Ciāna krāsas gaišuma funkcijas ir izteikti zemākas kategorijā “Apmācies”, kas ļauj secināt, ka šīs gaismas kategorijas attēli tiek apstrādāti līdzīgi.



6.32. att. Vidējie attēluzlabošanas rezultāti attēliem:

Ciāna krāsas (a) toņa, (b) piesātinājuma un (c) gaišuma funkcijas

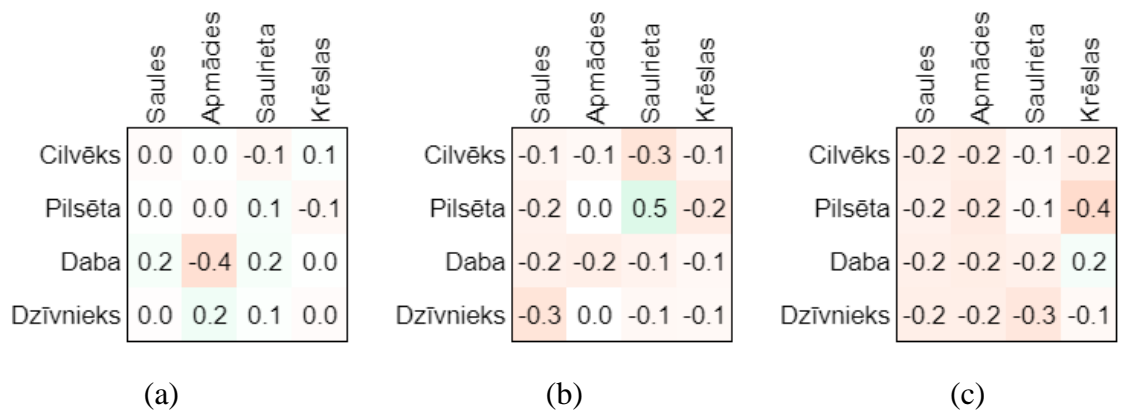
Zilās krāsas toņa funkcija (sk.6.33. att. a) izteikti lietota attēliem no gaismas kategorijas “Sauls”, šādas vērtības iespējamas, dēļ lielā zilās krāsas daudzuma attiecīgajos attēlos. Aplūkojot zilās krāsas piesātinājumu (sk.6.33. att. b), redzams, ka vidēji visiem attēliem ir izvēlētas pozitīvas zilās krāsas vērtības. Līdzīgi arī zilās krāsas piesātinājums visiem attēliem ir negatīvs (sk.6.33. att. c), kas padara zilo krāsu tumšāku.



6.33. att. Vidējie attēluzlabošanas rezultāti attēliem:

Zilās krāsas (a) toņa, (b) piesātinājuma un (c) gaišuma funkcijas

Fuksīna krāsas funkcijas (sk. 6.34. att.) līdzīgi kā sarkanās krāsas funkcijas tika izmantotas salīdzinoši nedaudz, redzams, ka krāsas tonis izteikti izmantots tikai vienai fotogrāfijai no kategorijām “Apmācies” un “Daba”. Savukārt krāsas piesātinājums lielākajai daļai attēlu ir negatīvs, izņemot attēlu no kategorijām “Saulrieta” un “Pilsēta”, kurā lietotāji ir padarījuši saulrieta krāsas padarīt košākas. Redzams, ka fuksīna krāsas gaišums ir lielākoties negatīvs, kas padara šo krāsu tumšāku.



6.34. att. Vidējie attēluzlabošanas rezultāti attēliem

Fuksīna krāsas (a) toņa, (b) piesātinājuma un (b) gaišuma funkcijas

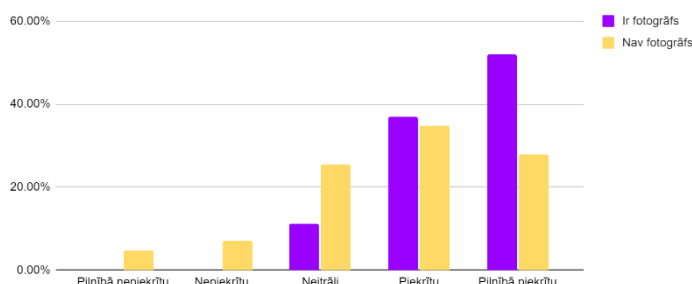
Apkopojot atsevišķu krāsu funkciju lietojumu iespējams secināt, ka šo funkciju vidējās vērtības lielā mērā atkarīgas no attēlā redzamajām krāsām, kā arī attēla saturam un gaismai, piemēram, tika novērots kā šī funkcija izmantota, lai koriģētu cilvēku sejas krāsas saulrietā.

7. EKSPERIMENTĀLĀS APTAUJAS NOVĒRTĒJUMS

Eksperimentālās aptauja tika novērtēta izmantojot lietotāju novērtējumu, kas tika iegūts pēc aptaujas attēlu apstrādes daļas un izmantojot datus, kas tika iegūti attēlu apstrādes laikā.

7.1. Attēluzlabošanas funkciju novērtējums

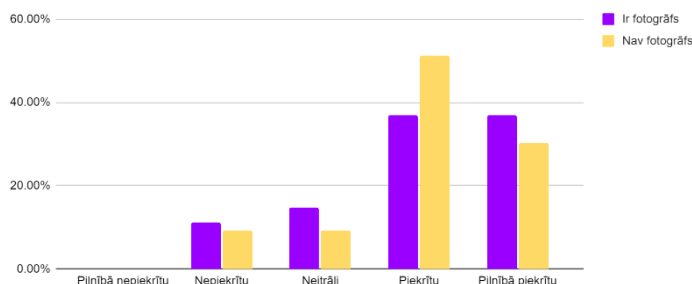
Lai novērtētu izveidoto lietotāju saskarni un vai izveidotās attēlu apstrādes funkcijas lietotājiem bija viegli lietot, aptaujas novērtējuma daļā lietotājiem tika vaicāts novērtēt apgalvojumu “Attēlu apstrādes funkcijas bija saprotamas un viegli lietojamas.”. Pēc novērtējuma rezultātiem (sk. 7.1. att.) iespējams secināt, ka lielākā daļa aptaujas respondentu piekrīt šim apgalvojumam. Jāņem vērā, ka vairāki lietotāji, kas nav fotogrāfi, atzīmēja neitrālu nostāju vai nepiekrīta šim apgalvojumam, kas liek domāt par iespējamiem uzlabojumiem lietotāja pieredzes jomā esošajai attēlu apstrādes saskarnei vai citiem lietotāja stila noteikšanas veidiem. Komentāros tika minēts, ka aptaujas saskarni iespējams uzlabot, attēluzlabošanas funkciju slīdņiem pievienojot skaitlisku indikatoru, kas parādītu slīdņa vērtību.



7.1. att. Vērtējums apgalvojumam “Attēlu apstrādes funkcijas bija saprotamas un viegli lietojamas.”

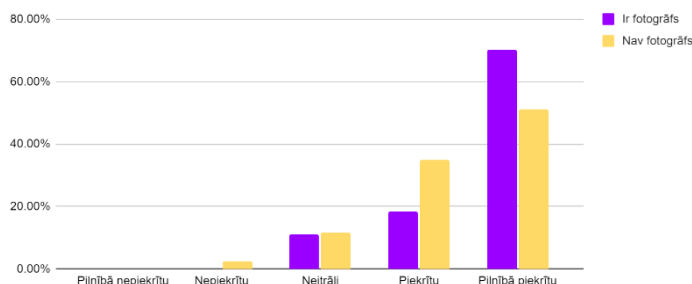
Lietotājiem tika vaicāts novērtēt iekļautās funkcijas ar apgalvojumu “Attēlu apstrādes funkcijas ļāva man sasniegt vēlamu attēlu apstrādes stilu.” (sk. 7.2. att.). Lielākoties lietotāji novērtējuši šo apgalvojumu pozitīvi. Kā iespējami uzlabojumi no fotogrāfu grupas tika izteikta attēla apgriešanas un iztaisnošanas funkcijas, kas ļauj mainīt attēla kadrējumu, kas šajā darbā netika iekļautas. Komentāros atsevišķi lietotāji pieminēja, ka papildus nepieciešamas funkcijas, kas ļauj manipulēt ar atsevišķiem attēla laukumiem. Savukārt lietotājiem, kas atzīmēja, ka nav fotogrāfi iespējams problēmas radīja vēlamā attēlu apstrādes stila noteikšana kopumā, jo lielais funkciju skaits un nepietiekamā attēlu apstrādes pieredze iespējams lietotājam var radīt

apjukumu. Tika izteikts komentārs, ka attēlu kompresija traucēja attēlu apstrādē un neļāva izmantot attēlu apstrādes funkcijas pilnvērtīgi.



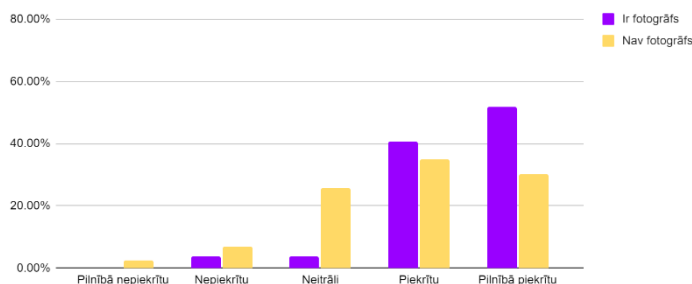
7.2. att. Vērtējums apgalvojumam “Attēlu apstrādes funkcijas ļāva man sasniegt vēlamo attēlu apstrādes stilu.”

Lietotājiem tika vaicāts novērtēt arī attiecīgās funkciju grupas un to cik nepieciešamas tās bija lietotāja attēlu apstrādes sila sasniegšanai. Vaicājot respondentiem novērtēt attēla gaišuma funkcijas (sk. 7.3. att.), tika iegūti ļoti pozitīvi novērtējumi, gan fotogrāfu grupas dalībnieki, gan cilvēki, kas atzīmēja, ka nav fotogrāfi šo funkciju grupu ir novērtējuši kā nepieciešamu sava attēlu apstrādes stila sasniegšanai.



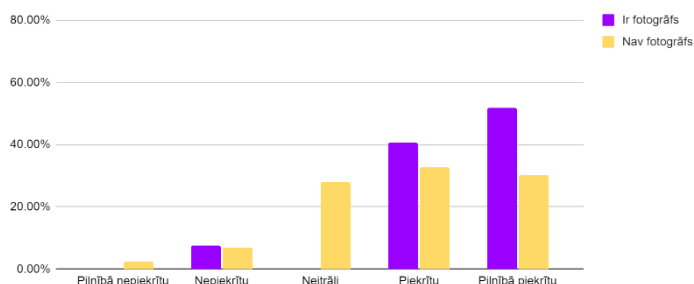
7.3. att. Vērtējums apgalvojumam “Attēla gaišuma funkcijas ir nepieciešamas, lai sasniegtu man vēlamo attēlu apstrādes stilu.”

Arī novērtējot attēla krāsas funkcijas lietotāji ir atbildējuši pozitīvi (sk. 7.4. att.), redzams, ka lietotāji, kuri ir fotogrāfi, šo apgalvojumu lielākoties novērtējuši ar “Piekrītu” un “Pilnībā piekrītu”. Salīdzinājumā ar attēla gaišuma funkcijām šīs funkcijas ir novērtētas nedaudz zemāk.



7.4. att. Vērtējums apgalvojumam “Attēla krāsas funkcijas ir nepieciešamas, lai sasniegtu man vēlamo attēlu apstrādes stilu.”

Lietotājiem novērtējot atsevišķu krāsu funkcijas (sk. 7.5. att.), iespējams secināt, ka lielākajai daļai lietotāju šīs funkcijas bija nepieciešamas sava attēlu apstrādes stila realizēšanai. Salīdzinājumā ar attēlu krāsas funkcijām šī funkciju grupa novērtēta līdzīgi.



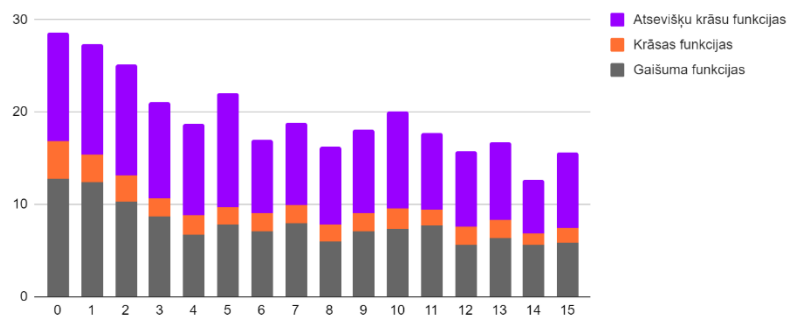
7.5. att. Vērtējums apgalvojumam “Atsevišķu krāsu funkcijas ir nepieciešamas, lai sasniegtu man vēlamo attēlu apstrādes stilu.”

Kopumā aplūkot attēlu uzlabošanas funkciju novērtējumu iespējams secināt, ka tika izmantotas funkcijas, kas lietotājiem bija noderīgas un ļāva sasniegt lietotāju attēlu apstrādes stilu. Iespējami uzlabojumi šajā jomā

7.2. Personalizācijas algoritma novērtējums

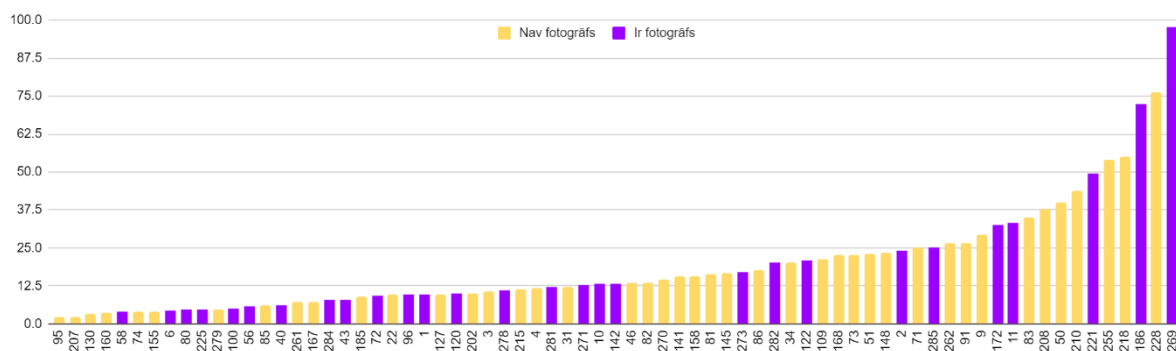
Aptaujā izmantotais personalizācijas algoritms tika novērtēts aprēķinot atšķirību starp paredzētajiem un lietotāja ievadītajiem attēlu apstrādes parametru vērtībām, kā arī vaicājot lietotājiem novērtēt algoritma darbību.

Aprēķinot atšķirību starp paredzētajiem un lietotāja ievadītajiem attēlu apstrādes rezultātiem iespējams noteikt algoritma vidējo kļūdu (sk. 7.6. att.). Attēlā redzams, kā ar katru lietotāja apstrādāto attēlu šī kļūda samazinās. Rezultātā, iespējams secināt, ka algoritma prognozētie attēlu apstrādes uzstādījumi uzlabojas ar katru apstrādāto attēlu.



7.6. att. Vidējā personalizācijas algoritma kļūda attēliem secībā

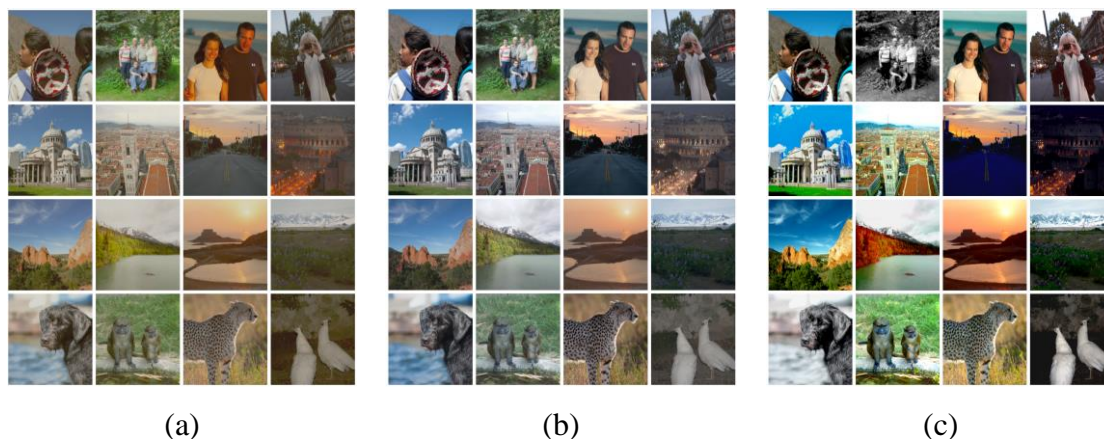
Analizējot algoritma darbību atsevišķiem lietotājiem (sk. 7.7. att.), iespējams secināt, ka lietotāju attēlu apstrādes paradumi ļoti atšķiras. Attēlā uz horizontālās ass norādīti atsevišķu lietotāju identifikācijas numuri, tie ir sakārtoti pēc funkciju vidējo kļūdu summas, kas parāda cik daudz lietotājs ir mainījis vērtības attiecībā pret prognozētajiem uzstādījumiem. Redzams, ka šīs vērtība krasi atšķiras dažādiem lietotājiem. Lietotāji ar augstu vidējo kļūdu summas vērtību pievērš lielu uzmanību katram attēlam un apstrādā katru attēlu savādāk. Jāņem vērā, ka vidējo kļūdu summa var būt maza arī gadījumos, ja lietotājs izmanto ļoti mazu funkciju skaitu un minimāli izmaina attēlu.



7.7. att. Lietotāju funkciju vidējo kļūdu summa

Lai vizuāli salīdzinātu šo atšķirību iespējams novērot salīdzinot trīs lietotāju attēlu apstrādes rezultātus (sk. 7.8. att.). Tika izvēlēti trīs lietotāji, visi lietotāji atzīmējuši, ka ir fotogrāfi, lietotājiem ir dažādas vidējo kļūdu summas vērtības un lietotāju attēlu apstrādes rezultāti labi parāda atšķirību starp rezultātiem. Lietotājam ar identifikācijas numuru 80 (sk. 7.8. att. a) no atlasītajiem ir vismazākā vidējo kļūdu summa, lietotājs ir izvēlējis konkrētu stilu, kuru pielieto visiem attēliem. Lietotājs ar identifikācijas numuru 122 (sk. 7.8. att. b) izvēlējis salīdzinoši neitrālāku stilu, taču redzams, ka dažiem attēliem ir vairāk koriģētas attēla krāsas.

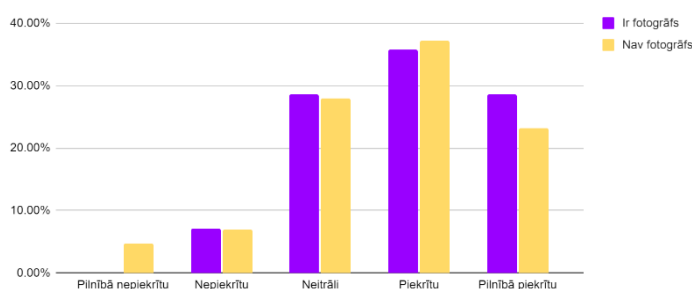
Savukārt lietotājs ar identifikācijas numuru 269 (sk. 7.8. att. c) ļauj novērtēt lietotājus ar augstu vidējo kļūdas summas vērtību. Lietotājs katrai fotogrāfijai ir izvēlējis savādāku attēlu apstrādes stilu, rezultātā personalizācijas algoritms nav sniedzis labus attēlu apstrādes prognozējumus.



7.8. att. Lietotāju attēlu apstrādes rezultātu salīdzinājums:

Lietotāji ar identifikācijas numuriem (a) 80, (b) 122 un (c) 269

Algoritma novērtējumam lietotājiem tika vaicāts novērtēt apgalvojumu “Algoritma paredzētie attēlu apstrādes uzstādījumi palīdzēja attēla apstrādē.” (sk. 7.9. att.). Redzams, ka abas izlases kopas daļas galvenokārt ir atbildējušas ar “Piekrītu” šim apgalvojumam. No tā var secināt, ka izveidotais algoritms ir sasniedzis personalizētus attēlu apstrādes rezultātus atbilstoši lietotāja attēlu apstrādes stilam.



7.9. att. Vērtējums apgalvojumam “Algoritma paredzētie attēlu apstrādes uzstādījumi palīdzēja attēla apstrādē.”

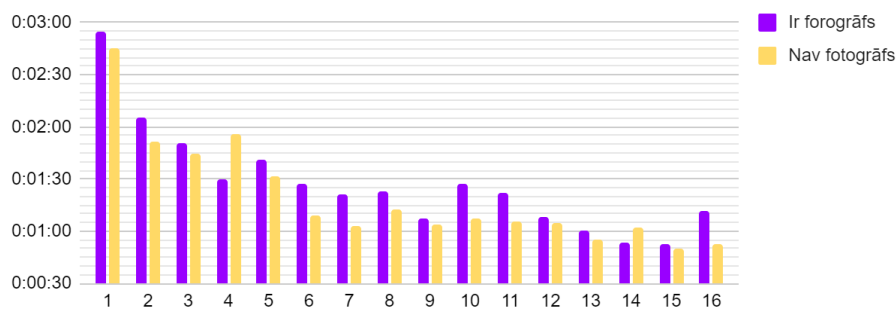
Līdzīgi aplūkojot vidējo kļūdu summu atkarībā no attēla (sk. 7.10. att.) iespējams novērtēt cik atšķirīgi lietotāji ir apstrādājuši attiecīgos attēlus. Redzams, ka šī kļūda nav tik ļoti saistīta ar attēla satura kategorijām, bet gan gaismas kategorijām. Kategorijā “Saules” ir vidēji vismazākā funkciju vidējo kļūdu summa. Kategorijā “Krāsas” kļūdu rezultāti ir visdažādākie,

attēlam, kas pieder arī pie kategorijas “Daba”, šī kļūda ir vislielākā, savukārt attēlam, kas pieder pie kategorijas “Pilsēta” šī kļūda ir vismazākā no visiem attēliem. Iespējams, ka šāds rezultāts radies no tā, cik dažādi lietotāji uztver attēlus no šīs kategorijas,

	Saules	Apmācies	Saulrieta	Krēslas
Cilvēks	14.2	22.5	19.0	21.3
Pilsēta	14.9	19.4	22.5	13.8
Daba	14.4	25.4	21.7	30.9
Dzīvnieks	15.1	15.7	17.6	23.0

7.10. att. Vidējo kļūdu summa katram attēlam

Algoritma darbību iespējams novērtēt arī aplūkojot laiku, ko lietotāji ir pavadījuši apstrādājot katru fotogrāfiju (sk. 7.11. att.). Redzams, ka lietotāju pavadītais laiks ievērojami samazinās ar katras fotogrāfijas apstrādi. Taču jāņem vērā, ka nav skaidri zināms, vai lietotāji eksperimentālās aptaujas laikā nenovērsās no attēlu apstrādes uzdevuma. Atsevišķu lietotāju pavadītā laika rezultātos parāda nesamērīgi lielas vērtības, tāpēc tika pieņemts lēmums no vidējā pavadītā laika aprēķiniem izņemt rezultātus, kuros lietotāji pie vienas fotogrāfijas apstrādes pavadīja ilgāk par 10 minūtēm.

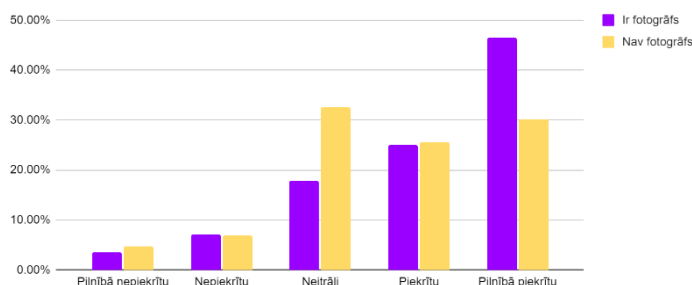


7.11. att. Lietotāju vidējais attēlu uzlabošanas laiks katram attēlam

Neskatoties uz algoritma rezultātiem, lai to pilnvērtīgi varētu izmantot attēlu apstrādes lietotnēs, nepieciešams to uzlabot. Attēlu uzlabošanas personalizācijas algoritms izmanto vienkāršas metodes, kuru papildināšanu varētu sniegt labākus rezultātus algoritma precizitātē. Iespējams, ka izveidotais algoritms varētu tikt izmantots, kā pagaidu personalizācijas algoritms līdz tiek sasniegts pietiekami liels attēlu skaits, lai veiktu kādu no mašīnmācīšanās metodēm. Vēl viena no uzlabošanas iespējām varētu būt vairāku lietotāja stilu noteikšana, tādējādi palīdzot lietotājiem, kuru attēlu uzlabošanas stili ir ļoti atšķirīgi dažādām fotogrāfijām.

7.3. Attēlu labošanas personalizācijas nepieciešamības novērtējums

Lai uzzinātu lietotāju domas par attēlu labošanas personalizāciju, respondentiem tika vaicāts novērtēt apgalvojumu “Es vēlētos, lai attēlu apstrādes lietotnes ar laiku apgūtu manu attēlu apstrādes stilu” (sk. 7.12. att.). Fotogrāfu grupā šis apgalvojums lielākoties tika novērtēts ar “Pilnībā piekrītu”, kas ļauj secināt, ka šai lietotāju grupai šī funkcija būtu ļoti noderīga. Savukārt lietotāji, kas norādījuši, ka nav fotogrāfi, lielākoties novērtējuši šo apgalvojumu neitrāli, taču redzams, ka arī daļa no šīs lietotāju grupas vēlētos šādu funkcionalitāti redzēt attēlu apstrādes lietotnēs.



7.12. att. Vērtējums apgalvojumam “Es vēlētos, lai attēlu apstrādes lietotnes ar laiku apgūtu manu attēlu apstrādes stilu”

Iegūtie rezultāti ļauj secināt, ka fotogrāfi, kā profesija, kas bieži apstrādā fotogrāfijas vēlētos redzēt attēlu apstrādes risinājumus, kas apgūtu viņu attēlu apstrādes stilu. Šādas funkcijas ieviešana lietotnēs, kuras fotogrāfu grupā jau tiek lietotas iespējams varētu uzlabot attēlu apstrādes efektivitāti un atvieglot attēlu apstrādes uzdevumu fotogrāfiem.

REZULTĀTI

Darba mērķis izpētīt attēluzlabošanas personalizācijas iespējams un izstrādāt eksperimentālu aptauju un analizēt aptaujā iegūtos datus tika sasniegts.

Lai iegūtu priekšstatu par attēlu apstrādes lietotnēm tika veikts aktuālu attēlu apstrādes lietotņu salīdzinājums, tika noteiktas to priekšrocības un trūkumi. Tika apskatītas gan lietotnes, kas galvenokārt izmanto attēlu filtrus, lai veiktu attēlu apstrādi, gan lietotnes, kas izmanto dažādu attēla parametru maiņu. Tika aprakstītas lietotāja iespējas personalizēt attēlu apstrādes iespējas. Nosakot nepieciešamību pēc attēluzlabošanas personalizācijas tika apskatīta lietotāju attēlu apstrādes stilu dažādība un dažāda līmeņu attēlu apstrādes lietotāju paradumi.

Veicot attēlu apstrādes tehniskās realizācijas iespēju izpēti tika apskatīta gan metrikas mācīšanās, gan konvolūciju neironu tīklu izmantošana, lai personalizētu attēlu apstrādi. Tika izpētīti veidi kā noteikt lietotāja attēlu apstrādes silu, kā arī apskatītas kolektīvās attēlu apstrādes iespējas. Tika aprakstītas attēlu atlases, attēlu apstrādes un progresīvās mācīšanās metodes lietotāja attēlu apstrādes stila noteikšanai.

Darba praktiskajā daļā tika izveidota eksperimentāla attēluzlabošanas aptauja, kas realizē lietotāju attēluzlabošanas personalizāciju. Aptauja ļāva ievākt datus par lietotāju attēlu apstrādes izvēlēm, kā arī ļāva novērtēt izveidotā attēluzlabošanas algoritma darbību. Iegūtie attēluzlabošanas rezultāti tika analizēti aplūkojot gan funkciju vērtību izvēles biežumu, gan lietotāju vidējos attēluzlabošanas rezultātus, gan attēlu vidējos attēlu apstrādes rezultātus. Tika noteiktas atšķirības starp lietotāju grupām.

Lietotāji novērtēja izveidotās eksperimentālās aptaujas funkcijas kā viegli lietojamas un nepieciešamas sava attēluzlabošanas stila sasniegšanai. Personalizācijas algoritmu lietotāji novērtēja, kā noderīgu attēlu apstrādes procesā, ko parāda arī algoritma kļūdas un lietotāju pavadītais laiks apstrādājot attēlu.

SECINĀJUMI

Veicot aktuālo attēlu apstrādes lietotņu salīdzinājumu, tika secināts, ka aktuālajām attēlu apstrādes lietotnēm lietotāja attēlu apstrādes personalizācijas iespējas ir minimālas. Izpētot personalizācijas nepieciešamību, iespējams secināt, ka lietotāju attēlu apstrādes stili var būt ļoti dažādi. Tika apskatītas atšķirības lietotāju attēlu apstrādes procesā, tika secināts, ka lietotāju attēlu apstrādes procesi atšķiras atkarībā no pieredzes attēlu apstrādē.

Personalizācijas tehnisko risinājumu un lietotāju stila noteikšanas izpētē tika apskatīti dažādi zinātniski pētījumi, kas realizē personalizētas attēlu uzlabošanas iespējas. Tika secināts, ka risinājumi, kas izmanto liela apjoma iepriekš apstrādātu attēlu kopas potenciāli nespēj pielāgoties dažādiem lietotāju attēlu apstrādes stilu.

Lai noteiktu lietotāju attēlu apstrādes izvēlēs, kā arī analizētu personalizācijas algoritma darbību tika izveidota eksperimentāla attēlu uzlabošanas aptauja. Analizējot eksperimentālajā aptaujā iegūtos rezultātus, tika secināts, ka pastāv attēlu uzlabošanas izvēļu atšķirības starp lietotājiem, kuri ir vai nav fotogrāfi. Vislielākās atšķirības lietotāju izvēlēs tika novērotas attēla gaišuma funkciju lietojumā.

Lietotāju novērtējumi ļāva secināt, ka aptaujā īstenotās attēlu uzlabošanas funkcijas lietotājiem bija saprotamas un tās bija viegli lietot. Izveidotās attēlu apstrādes funkcijas lietotāji novērtēja kā nepieciešamas sava attēlu uzlabošanas stila sasniegšanai.

Aptaujas respondenti novērtēja izveidoto personalizācijas algoritmu, kā noderīgu, arī algoritma vidējās kļūdas rezultāti ļāva secināt, ka izveidotais algoritms palīdz lietotājiem attēlu apstrādē. Tika novērota atšķirība lietotāju attēlu apstrādes procesā, ko demonstrēja lietotāju vidējā attēlu uzlabošanas kļūda, tika secināts, ka lietotāji, kuri katru fotogrāfiju apstrādā citādi, neiegūst labus personalizācijas algoritma prognozētos uzstādījumus. Nepieciešamība pēc lietotnēm, kas realizē attēlu uzlabošanas personalizāciju lietotāji novērtēja pozitīvi.

Kā turpmākus pētījuma virzienus iespējams minēt eksperimentālās aptaujas personalizācijas algoritma uzlabošanu, viens uzlabojumiem var būt vairāku lietotāju stilu noteikšana, kas ļautu lietotājam izvēlēties no vairākiem personalizētiem attēlu apstrādes uzstādījumiem. Iespējams arī turpināt esošo eksperimentālās attēlu apstrādes aptaujas datu ievākšanu, tādējādi iegūstot plašākus attēlu uzlabošanas datus par lietotāju kopīgajām un atšķirīgajām iezīmēm, kas ļautu analizēt citus attēlu apstrādi ietekmējošus faktorus. Balstoties uz lietotāju vēlni, pēc lietotnes, kas realizē attēlu uzlabošanas personalizāciju, iespējams, ka nepieciešama attēlu apstrādes lietotnes izveide, kas ļautu novērtēt šāda risinājuma darbību ilgtermiņā.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA UN AVOTI

- [1] L. Kalniņa, Attēlu apstrādes lietotnes izstrāde Android platformai, Rīga, 2019.
- [2] J. Abbott, The definitive guide to photo editing using Photoshop and Affinity, Ilex Press, 2021.
- [3] S. B. Kang, A. Kapoor un D. Lischinski, «Personalization of Image Enhancement,» *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2010.
- [4] J. Caicedo, A. Kapoor un S. B. Kang, «Collaborative Personalization of Image Enhancement,» *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2011.
- [5] V. Bychkovsky, S. Paris, E. Chan un F. Durand, «Learning photographic global tonal adjustment with a database of input/output image pairs,» *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2011.
- [6] Z. Wu, Z. Sun, T. Kim, M. Reani, C. Jay un X. Ma, «Mediating Color Filter Exploration with Color Theme Semantics Derived from Social Curation Data.,» *the ACM on Human-Computer Interaction.*, 2018.
- [7] R. Jaroensri, S. Paris, A. Hertzmann, V. Bychkovsky un F. Durand, «Predicting Range of Acceptable Photographic Tonal Adjustments,» *IEEE International Conference on Computational Photography (ICCP)*, 2015.
- [8] A. Bellet, A. Habrard un M. Sebban, Metric Learning. Synthesis Lectures on Artificial Intelligence and Machine Learning, Morgan & Claypool, 2015.
- [9] K. Han-Ul, K. Young un K. Chang-Su, «PieNet: Personalized Image Enhancement Network.,» *Computer Vision – ECCV*, 2020.
- [10] Y. Koyama, D. Sakamoto un T. Igarashi, «SelPh: Progressive Learning and Support of Manual Photo Color Enhancement,» *Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2016.
- [11] S. Bianco, C. Cusano, F. Piccoli un R. Schettini, «Personalized Image Enhancement Using Neural Spline Color Transforms,» *IEEE Transactions on Image Processing*, 2020.
- [12] M. Gharbi, J. Chen, J. T. Barron, S. W. Hasinoff un F. Durand, «Deep Bilateral Learning for Real-Time Image Enhancement,» *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, 2017.

- [13] G. Luppescu un R. Shah, «Personalized Image Enhancement,» 2016.
- [14] L. Kalniņa, «Eksperimentālās aptaujas programmas kods,» [Tiešsaiste]. Pieejams: <https://github.com/laima-kalnina/Atteluzlabosanas-personalizacija>.
- [15] «CamanJS,» [Tiešsaiste]. Pieejams: <http://camanjs.com/>. [Pieklūts 11. Marts 2021].
- [16] L. Kalniņa, «Eksperimentāla attēluzlabošanas aptauja,» [Tiešsaiste]. Pieejams: https://storage.googleapis.com/atteluzlabosanas_personalizacija/lv.html.
- [17] L. Kalniņa, «Eksperimentālās aptaujas rezultāti,» [Tiešsaiste]. Pieejams: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1imP4b5VfheyWHU2XUD0fYQrBSVfZjgFFOHyN78niLU8/edit?usp=sharing>.
- [18] L. Kalniņa, «Attēluzlabošanas rezultātu vizuāla apskate,» [Tiešsaiste]. Pieejams: https://script.google.com/macros/s/AKfycbzuVVsbd9EQhtrW1yY8fBli_mZ5eymbbssVD1fwJ1h0-hjo51IHSJuhAEJ17IQjDKW/exec.

Maģistra darbs: **Attēluzlabošanas personalizācija**

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

Autors: _____
(Autora paraksts)

Ar savu parakstu apliecinu, ka esmu lasījis augstāk minēto maģistra darbu un atzīstu to par **p i e m ē r o t u / n e p i e m ē r o t u** (nevajadzīgo svītrot) aizstāvēšanai Latvijas Universitātes datorzinātņu maģistrantūrā.

Darba vadītājs: _____
(Vadītāja paraksts)

Darbs iesniegts maģistrantūras sekretariātā _____ 24.05.2021 _____.
(Iesniegšanas datums)

Ar šo es apliecinu, ka darba elektroniskā versija ir augšupielādēta LU informatīvajā sistēmā.

Studiju metodiķe: _____.
(Metodiķes paraksts)

Recenzents: Profesors Dr. math. Kārlis Podnieks
(Akad. amats, zin. grāds, vārds, uzvārds)

Darbs aizstāvēts maģistra gala pārbaudījuma komisijas sēdē

_____ prot. Nr. _____
(Darba aizstāvēšanas datums)

Komisijas sekretārs: _____
(Sekretāra paraksts)