

LATVIJAS UNIVERSITĀTE  
DATORIKAS FAKULTĀTE

**STEREOMETRIJAS APGUVES PROGRAMMATŪRAS IZSTRĀDE PĒC TPACK  
IETVARA**

BAKALaura DARBS

Autors: **Santa Bartušēvica**

Studenta apliecības Nr.: sb17085

Darba vadītājs: prof., Dr.filoz. Jurgis Šķilters

RĪGA 2021

## ANOTĀCIJA

Bakalaura darbs “Stereometrijas apguves programmatūras izstrāde pēc TPACK ietvara” saistīts ar programmatūras izstrādi vidusskolas matemātikas stereometrijas temata apguvei. Izstrādājamais atbalsta rīks nodrošinātu skolēniem pilnvērtīgas telpisko objektu vizualizācijas ar intuitīvu lietotāja saskarnes risinājumu.

Valsts Izglītības Satura centrs (VISC) skolēniem stereometrijas temata apguvei piedāvā izmantot trīs dažādus atbalsta rīkus: (a)*MathIsFun*, (b)*Geogebra.org*, (c)*Uzdevumi.lv*. Lai gan piedāvātie rīki piedāvā plašu funkcionalitāti un iekļauj skolēniem nepieciešamos mācību materiālus, to lietotāja saskarnes risinājums nav pietiekoši intuitīvs gala lietotājiem, kas tika pētnieciski notestēts kursa darba “Rīka izstrāde un testēšana stereometrijas jēdzienu apguvei” ietvaros. [1]

Bakalaura darbā apskatītas VISC piedāvāto rīku saskarņu galvenie trūkumi un izstrādāti risinājumi intuitīvākai un gala lietotājiem atbilstošākai saskarnes ieviešanai, lai veicinātu pozitīvāku skolēnu un skolotāju lietotājpieredzi. Darbs iekļauj teorētisku prasību un iespējamo risinājumu apskatu, kā arī pētījumu ar A/B testēšanu.

Bakalaura darba mērķis ir izstrādāt vadlīnijas un rekomendācijas stereometrijas apguves programmatūras izstrādei skolēniem, kas nodrošinātu pilnvērtīgāku temata apguvi.

Atslēgvārdi: TPACK, STEM, UX, UI, stereometrija

## ABSTRACT

### DEVELOPMENT OF STEREOOMETRY ACQUISITION SOFTWARE ACCORDING TO TPACK FRAMEWORK

The bachelor's thesis "Development of stereometry acquisition software according to TPACK framework" is related to the development of software for the acquisition of stereometry in high school mathematics. The development of this tool would provide students with a full-fledged visualization of spatial objects with an intuitive user interface solution.

The National Center for Education (NCE) offers students three different support tools for learning the topic of stereometry: (a) MathIsFun, (b) Geogebra.org, (C) Uzdevumi.lv. Although the offered tools provide a wide range of functionality and include the necessary learning materials for students, their user interface solution is not intuitive enough for end users, which was research tested in the course work "Development and testing of a tool for learning the concepts of stereometry for high school students". [1]

The bachelor's thesis addresses the main shortcomings of the tool interfaces offered by the NCE and develops solutions for a more intuitive and end-user-friendly interface implementation to promote a more positive user experience for students and teachers. The work includes an overview of theoretical requirements and possible solutions, as well as a study with A / B testing.

The bachelor's thesis aims to develop guidelines and recommendations for the development of stereometry learning software for students, which would ensure a more complete acquisition of the topic.

Keywords: TPACK, STEM, UX, UI, stereometry

## SATURA RĀDĪTĀJS

Anotācija.....	2
Abstract.....	3
Apzīmējumu saraksts.....	5
Ievads.....	6
1. Situācijas apraksts .....	8
2. Prasības.....	11
3. Programmatūras arhitektūra un dizains.....	13
4. TPACK ietvars .....	23
4.1. TPACK ietvara apraksts un pielietojums .....	23
4.2. Salīdzinājums ar citām pieejām .....	26
5. Pētījums par programmatūras lietotāju saskarnes projektējumu.....	28
5.1. Metodes .....	28
5.1.1. Pētījuma dalībnieki.....	28
5.1.2. Materiāli .....	28
5.1.3. Dizains un procedūra.....	29
5.1.4. Pētījuma jautājumi.....	30
5.2. Rezultāti.....	31
5.2.1. Datu ievākšana un analīze .....	31
Rezultāti un diskusija.....	38
Secinājumi .....	42
Pateicības .....	44
Izmantotā literatūra un avoti .....	45
Pielikumi.....	47

## APZĪMĒJUMU SARAKSTS

A/B tests - lietotāja pieredzes izpētes metodoloģija. A / B testi sastāv no randomizēta eksperimenta ar diviem variantiem - A un B. Tas ietver statistikas hipotēzes testēšanu vai "divu paraugu hipotēzes pārbaudi", ko izmanto statistikas jomā;

CK - Satura zināšanas (TPACK ietvars);

IKT- Informācijas un komunikācijas tehnoloģijas;

PK - Pedagoģiskās zināšanas (TPACK ietvars);

SAMR - Aizstāšanas, palielināšanas, modifikācijas un pārdefinēšanas ietvars;

STEM - zinātnes, tehnoloģijas, inženierzinātņu un matemātikas nozaru disciplīna;

TAM- Tehnoloģiju pieņemšanas modelis;

TK - Tehnoloģiskās zināšanas (TPACK ietvars);

TPACK - Tehnoloģiskā, pedagoģiskā un satura zināšanas ietvars;

UI - Lietotāja interfeiss;

VISC -Valsts izglītības un satura centrs.

## IEVADS

VISC piedāvā vairākus rīkus telpisko prasmju apguvei vidusskolēniem (*MathIsFun*, *Geogebra.org*, *Uzdevumi.lv*), taču šie rīki nenodrošina visu programmā iekļauto stereometrijas jēdzienu apguvi, jo tie nav veidoti, balstoties uz gala lietotāju pieredzi, zināšanām un nepieciešamībām. Piemeklētie risinājumi nodrošina plašu funkcionalitāti, kas iekļauj arī mācību programmā nepieciešamos resursus, taču satur arī daudz lieku funkcionalitāšu, kas apgrūtina skolēnu un skolotāju ērtu atbalsta materiālu lietojumu.

Kursa darbā “Rīka izstrāde un testēšana stereometrijas jēdzienu apguvei” tika noskaidrots, ka telpisko prasmju attīstībai ir liela nozīme STEM nozaru veiksmīgai apguvei. STEM nozares ir ļoti telpiski sarežģītas, t.i. tās iekļauj problēmas, kas saistītas ar telpas uztveri, piemēram, objektu pārvietošanos telpā vai attālumu noteikšanu, līdz ar to skolēni, kuriem ir augstākas telpiskās spējas, spēj veikt sarežģītākus telpiskos pamatojumus, kas nepieciešami kā matemātikas, tā arī citās STEM nozarēs. [2] Ir nepieciešams nodrošināt vidusskolēnus ar atbilstošiem materiāliem, lai apgūtu šīs prasmes, tādēļ kvalitatīvu mācību materiālu izveide stereometrijas apguvei ir īpaši liela nozīme vidusskolas matemātikas programmā. Kursa darba ietvaros tika noskaidrots, ka Valsts Izglītības Satura centrs (VISC) skolēniem stereometrijas temata apguvei piedāvā izmantot trīs dažādus atbalsta rīkus: (a)*MathIsFun*, (b)*Geogebra.org*, (c)*Uzdevumi.lv* un tika veikts praktisks pētījums ar skolēniem, kura laikā tika noskaidroti esošo risinājumu galvenie trūkumi. Tā kā ieteiktie risinājumi netika veidoti, balstoties uz konkrētām prasībām, bet piemeklēti no jau esošiem risinājumiem, tie nav pilnībā pielāgoti skolēnu un skolotāju vajadzībām.

Veicot programmatūras izstrādi pēc tehnoloģiskā, pedagoģiskā un satura zināšanas ietvara (TPACK), tiku nodrošināta kvalitatīvāka mācību materiālu izveide, jo TPACK ir pamats skolotāju tehnoloģisko, pedagoģisko un satura zināšanu izpētei un pēc tā veidota programmatūra būtu pielāgotāka gala lietotāju vajadzībām.

Bakalaura darba laikā tika izvirzīti vairāki mērķi:

- Noskaidrot, programmatūras izstrādes principus, balstoties uz TPACK ietvaru;
- Salīdzināt TPACK ietvara pieeju ar citiem risinājumiem;
- Izpētīt skolotāju un skolēnu prasmes un iepriekšējo lietotāju pieredzi elektronisko mācību materiālu izmantošanā;
- Apkopot kursa darba ietvaros noskaidrotos trūkumus esošajos risinājumos un veikt jaunu risinājuma dizaina izstrādi;

- Veikt A/B testēšanu ar skolēniem, lai noskaidrotu optimālākos risinājuma veidus;
- Izstrādāt vadlīnijas un rekomendācijas jauna rīka izveidei.

Bakalaura darba pamatā ir teorētisks problēmas apraksts un līdzšinējo pētījumu, publikāciju un literatūras analīze un vērtējums darba kontekstā, kā arī no tā izrietošs praktiski veikts pētījums. Praktiskā daļa veikta divās daļās. Pirmajā pētījuma daļā tika veiktas gala lietotāju – skolotāju- intervijas, lai noskaidrotu galvenās grūtības, ar kurām skolotāji saskarās mācot stereometrijas tematu, kā arī noskaidrotu skolotāju prasmes un paradumus, lietojot elektroniskos mācību materiālus. Otrajā daļā tika veikts pētījums ar vidusskolas vecuma jauniešiem ar A/B testēšanu problemātiskākajām rīka funkcijām.

Darbs sastāv no ievada, galvenās satura izklāsta daļas, rezultātu apkopojuma, diskusijas, secinājumiem un pielikumiem.

## 1. SITUĀCIJAS APRAKSTS

Tehnoloģijas izglītības jomā var izmantot kā efektīvu mācību līdzekli, lai uzlabotu skolēnu matemātikas spējas. Tehnoloģija var arī likt skolēniem būt ieinteresētākiem mācīties matemātiku, salīdzinot ar tradicionālo mācību metodi. Šis mācīšanās nosacījums potenciāli var likt skolēniem būt aktīvākiem, motivētākiem un pašpārliecinātākiem, apgūstot noteiktu tēmu. Tehnoloģiskā pedagoģiskā satura zināšanas (TPACK) ietvars ir pamats skolotāju tehnoloģisko, pedagoģisko un satura zināšanu izpētei. TPACK var izmantot, lai izstrādātu uz tehnoloģijām balstītus mācību līdzekļus, kurus var apvienot ar mācību metodi, lai palīdzētu studentiem izprast tēmas pamatjēdzienus un to, kā projektētā tehnoloģijas var palīdzēt skolēniem sasniegt labākus rezultātus. [3]

Koncepts par trīsdimensionālu objektu ir telpiski sarežģīts un ir gan grūti uztverams skolēniem, gan grūti skaidrojams no skolotāju puses. Atsaucoties uz *Guangxi Normal* universitātes veikto pētījumu, ir 3 tēmas, kuras skolēni uzskata par grūti saprotamām un skolotājiem ir grūti izskaidrot - algebra, trīsdimensiju figūras un divdimensiju figūras. [3]

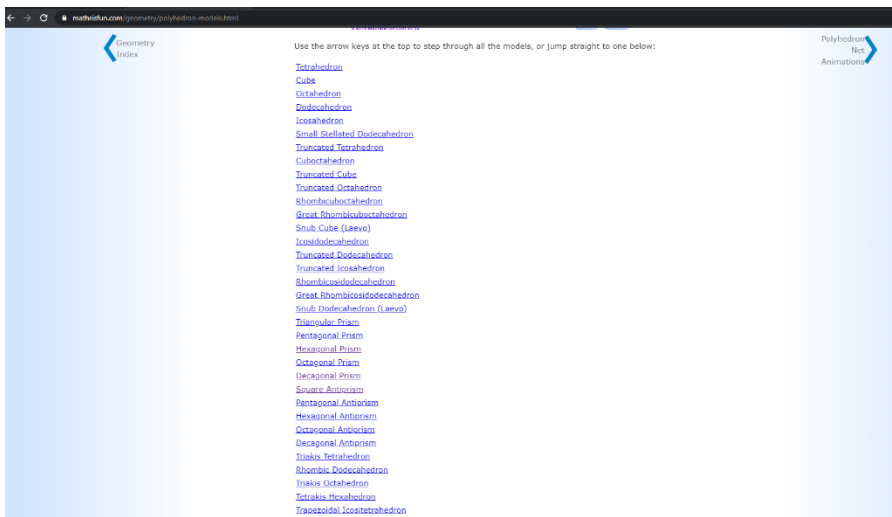
Telpisko prasmju attīstīšanai ir liela nozīme cilvēka ikdienas dzīvē. Spējas ikdienas telpiskās orientācijas uzdevumos (piemēram, kartes lasīšana un navigācija) ir uzskatīta par funkcionāli atšķirīgu no abstraktākām objektu telpiskām spējām (piemēram, mentālā rotācija un vizualizācija), taču pētnieciski pierādīts, ka tās ir savstarpēji saistītas. [4]

Vidusskolā trīsdimensiju figūras matemātikā tiek apgūtas stereometrijas tematā. Par vidusskolas mācību satura izveidi atbild Valsts izglītības satura centrs (VISC). VISC izstrādātajās mācību programmās vidusskolēniem vispārīgajā un optimālajā līmenī stereometrijas apguvei tiek rekomendēti trīs dažādi rīki:

- *Math is fun* [5];
- *Geogebra* [6];
- *Uzdevumi.lv* [7].

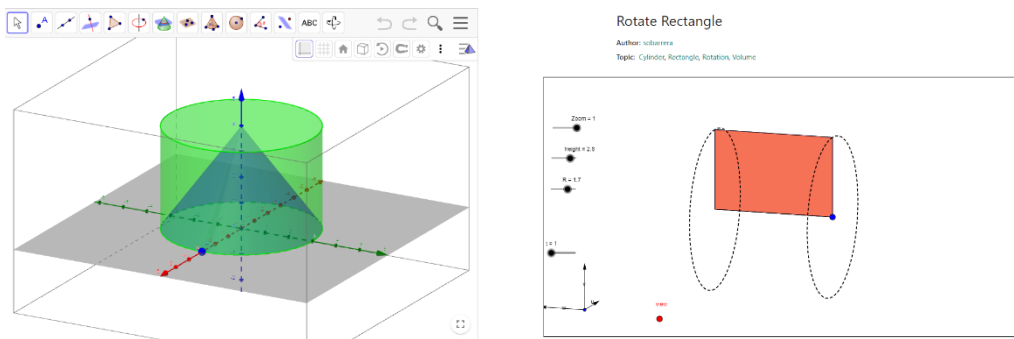
Katrs no VISC piedāvātajiem rīkiem paredzēts dažādu stereometrijas jēdzienu apguvei un to piedāvātās funkcionalitātes nepārklājās. Rīks *Math is fun* pielietojams telpisku ķermeņu izklājumu apgūvē. *Geogebra* funkcionalitātes piedāvā telpisku ķermeņu vizualizācijas un ir izmantojamas uzdevumos, kas prasa telpisku ķermeņu attēlojumu konstruēšanā. *Uzdevumi.lv* piemēroti skolēnu testēšanai un teorijas apguvei. [1]

Kursa darbā “Rīka izstrāde un testēšana stereometrijas jēdzienu apguvei” tika veikta VISC rekomendēto rīku testēšana ar skolēniem. Pētījuma laikā tika noskaidrots, ka VISC piedāvātie rīki stereometrijas apguvei nodrošina izklājumu attēlošanu (rīks *Math is fun*), neērtā lapas navigācija sarežģī ātru un efektīvu piekļuvi nepieciešamajam telpiskajam objektiem. Lai pārslēgtos starp dažādām objektu vizualizācijām, lietotājiem tiek piedāvāts saraksts ar 139 telpiskiem objektiem, kas nav sadalīti apakškategorijās. (skat. Attēls 1-1) Lielākā daļa no piedāvātajiem objektiem netiek apskatīta vidusskolas mācību programmā, kas rada daudz liekas informācijas un apgrūtina nepieciešamā telpiskā objekta atrašanu lapā.



**Attēls 4.1-1 Ekrānuņēmumus rīka MathIsFun navigācija**

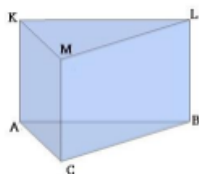
Stereometrijas jēdzienu vizualizācijas telpā tiek nodrošinātas ar rīku *Geogebra*. Lai gan rīks *Geogebra* piedāvā dažādu telpisko objektu vizualizācijas, tās nav pielāgotas praktiskai izmantošanai vidusskolas stereometrijas jēdzienu apguvei, jo neintuitīvais UI dizains liedz skolēniem pilnvērtīgi izmantot rīka piedāvātās funkcionalitātes. (skat. Attēls 1-2) Rīks nepiedāvā lietošanas instrukcijas un sarežģītais UI nav viegli uztverams gala lietotājiem – skolēniem.



**Attēls 4.1-2 Ekrānuņēmumi Geogebra UI dizains**

Praktisku uzdevumu pielietojumam vidusskolēniem tiek nodrošināti rīkā *Uzdevumi.lv*. (skat. Attēls 1-3) Esošajai vietnes funkcionalitātei bezmaksas versijā iztrūkst pareizo risinājumu attēlošana pēc testa izpildes, jo šobrīd skolēniem nav iespējas mācīties no savām kļūdām, kas uzlabotu sniegumu līdzīga veida uzdevumos. [1]

Punkti: 2 no 5



Regulāras trijstūra prizmas  $ABCKLM$  pamata malas garums ir  $10\text{ cm}$ . Punkts  $D$  ir šķautnes  $BL$  viduspunkts un  $E$  ir šķautnes  $AC$  viduspunkts.

- Uzzīmē šķēlumu, kas veidojas, prizmu šķeļot ar plakni  $ADC$ .
- Pamato, ka nogriežņi  $DE$  un  $AC$  ir perpendikulāri savā starpā.
- Aprēķini piramīdas  $DABC$  tilpumu, ja plakņu  $ADC$  un  $ABC$  veidotais divplakņu kaksis ir  $30^\circ$ .

Uzdevumi.lv Tev piedāvā:

- Uzzīmēto šķēlumu salīdzini ar to, kas dots atbilstu soļos!

- Papildini doto pamatojumu, izmantojot ģeometriskos objektus  $AC$ ,  $EB$ ,  $DE$ ,  $DB$  vai  $ABC$ .

$$\left. \begin{array}{l} \boxed{DB} \perp EB, \text{ jo perpendikuls pret pamata plakni } \boxed{ABC} \\ AC \perp \boxed{EB}, \text{ jo vienādmalu trijstūra } ABC \text{ augstums} \end{array} \right\} \Rightarrow \boxed{AC} \perp DE$$

- Piramīdas  $DABC$  tilpums ir  $\frac{\boxed{64} \sqrt{3}}{3} \text{ cm}^3$

Ja prizmas pamata mala būtu  $a$ , tad tilpums būtu:

- $\frac{a^3 \sqrt{3}}{2}$
- $\frac{a^3 \sqrt{3}}{24}$
- $a^3 \sqrt{6}$

### Attēls 4.1-3 Ekrānuzņēmums Uzdevumi.lv testa pārbaude

Stereometrijas apguvei vidusskolas mācību programmā ir liela nozīme ne tikai matemātikas priekšmeta ietvaros. Telpisko prasmju attīstīšana nodrošina arī veiksmīgāku citu STEM nozaru apguvi. Labu telpisko prasmju esamība tieši veicina sasniegumus zinātnes, tehnoloģiju, inženierzinātņu un matemātikas jomā. Tāpēc telpisko prasmju uzlabošanai ir gan teorētiska, gan praktiska nozīme. [8]

Skolēnu materiāli būtu jāveido, balstoties gan uz prasībām mācību programmā, gan arī uz reālām skolēnu un skolotāju vajadzībām ikdienas darbā. Atbalsta rīkiem jābūt pielāgotiem, ņemot vērā gala lietotāju spējas pieredzi un nepieciešamības. Pirms rīka izstrādes jāizvirza programmatūras prasības.

## 2. PRASĪBAS

Kursa darba “Rīka izstrāde un testēšana stereometrijas jēdzienu apguvei vidusskolēniem” ietvaros tika veikt vidusskolas mācību programmas prasību izpēte stereometrijas apguvei vidusskolēniem. Balstoties uz apgūstamajiem stereometrijas jēdzieniem, tika izvirzītas funkcijas, kuras būtu nepieciešams iekļaut stereometrijas apguves rīkos, lai nodrošinātu pilnvērtīgu mācību vielas apguvi. (*skat. Pielikums 1*).

Stereometrijas apguves rīkam jāiekļauj objekta mērogošanas iespējas un mērvienību maiņas opcijas, lai veicinātu telpisku objektu izpratni. Jānodrošina izvēle starp dažādiem telpiskiem ķermeņiem un ķermeņu kombinācijām:

- 1) Tetraedru;
- 2) Kubu;
- 3) Prizmu;
- 4) Paralēlskaldni;
- 5) Piramīdu;
- 6) Cilindru;
- 7) Konusu;
- 8) Lodi;
- 9) Nošķelta piramīdu;
- 10) Nošķelts konusu;
- 11) Cilindru un prizmu;
- 12) Cilindru un konusu;
- 13) Konusu un piramīdu;
- 14) Nošķeltu konusu un nošķeltu piramīdu. [1]

Rīkā jāiekļauj pielietojamo formulu definējums konkrētajam objektam. Nepieciešams attēlot tetraedra, kuba, prizmas, paralēlskaldņa, piramīdas, cilindra, konusa un lodes izklājumu. Katrai telpiskajai figūrai nepieciešams attēlot arī tai raksturīgos elementus. Lai apgūtu ķermeņa šķēluma konstruēšanu, jābūt iespējai definēt punktus objektā un pagarināt tā šķautnes, kā arī patvaļīgi definētas taisnes, kas vilktas caur ievietotajiem punktiem. Jāiekrāso izveidotais šķēlums.

[1]

Iespēja iezīmēt objektā paralēlas, perpendikulāras un šķērsas taisnes un plaknes. Definējot taisnes telpā, jānodrošina iespēja piešķirt tām leņķi attiecībā pret citu taisni vai plakni. Visiem objektu attēlojumiem jābūt rotējamiem. [1]

Pēc kursa darbā veiktā pētījuma ar VISC rekomendētajiem stereometrijas apguves rīkiem var secināt, ka galvenās funkcijas, kurām būtu nepieciešami uzlabojumi:

1) Rotācija

Rotācijai jābūt intuitīvai un rotācijas leņķa ievade nedrīkst pārklāties ar citām funkcionalitātēm, lai viegli un ērti būtu apskatāma visa telpiskā objekta virsma.

2) Mērogojamība

Pietuvināšanas un attālināšanas kontrolei jābūt intuitīvai un tās ievades veids nedrīkst pārklāties ar citām funkcionalitātēm, lai lietotājiem būtu iespējams aplūkot visus objekta elementus.

3) Navigācija

Atbalsta materiālam jāsaturs tikai nepieciešamās sadaļas, kas iekļautas skolas programmā. Visiem objektiem jābūt ērti sagrupētiem apakškategoriās, lai atvieglotu lietotāja navigāciju.

4) Zīmēšanas rīku izvietojums

Zīmēšanas rīki jāizvieto tā, lai tie pēc iespējas aizņem mazāk vietu formā un ļauj lietotājam brīvi darboties ar telpisko objektu. Rīku ikonām jābūt viegli uztveramām un viennozīmīgām.

5) Formulu, pamācības tekstuālās informācijas izvietojums

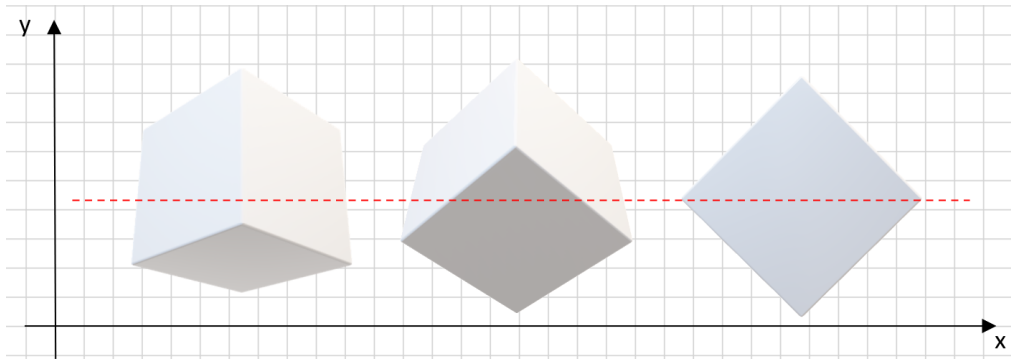
Tekstam jābūt viegli uztveramam un salasāmam, taču tā novietojums nedrīkst apgrūtināt telpiskā objekta apskatu. Visai tekstuālajai informācijai jābūt pieejamai vienā formā ar telpisko objektu un rīkjoslu, jo gan pamācībai, gan formulām jābūt kontekstā ar attēloto objektu un pieejamajām funkcionalitātēm.

### 3. PROGRAMMATŪRAS ARHITEKTŪRA UN DIZAINS

Izveidot skaidras vadlīnijas un funkcijas, kas jāiekļauj:

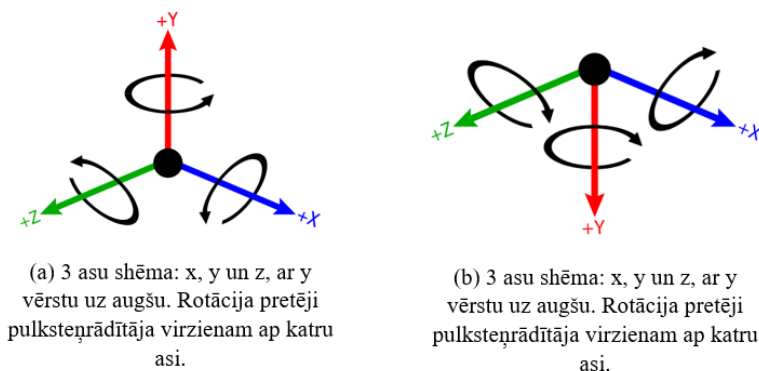
#### 1) Rotācija

Rotāciju nepieciešams ieviest no objekta centrālā punkta, vizuāli pagriežot objektu, balstoties uz X un Y asīm. Objekti vienmēr tiek pagriezti ap to relatīvo pozīciju attiecībā pret izcelsmes punktu, un pozitīvie skaitļi rotē objektus pulksteņrādītāja virzienā. (skat. Attēls 3-1 )



Attēls 3-1 Objekta rotācija ap x asi no centrālā punkta

Lai nodrošinātu objekta trīsdimensiju rotāciju tā, lai būtu apskatāmas visas figūras skaldnes, rotāciju nepieciešams ieviest no divām savstarpēji perpendikulārām asīm. Rotējot objektu, tas var griezties pulksteņrādītāja virzienā vai pretēji pulksteņrādītāja virzienam. Pozitīvas rotācijas parasti notiek pretēji pulksteņrādītāja virzienam, taču iespējamās arī versijas pulksteņrādītāja virzienā. [9] Tas atkarīgs no rotācijas asu izvietojuma konkrētajā vidē. (skat. Attēls 3-2) Piemēram, ProcessingJS vidē y ass vērst uz leju, nevis uz augšu, kā rezultātā rotācija jāveic pulksteņrādītāja virzienā. [10]



(a) 3 asu shēma: x, y un z, ar y vērstu uz augšu. Rotācija pretēji pulksteņrādītāja virzienam ap katru asi.

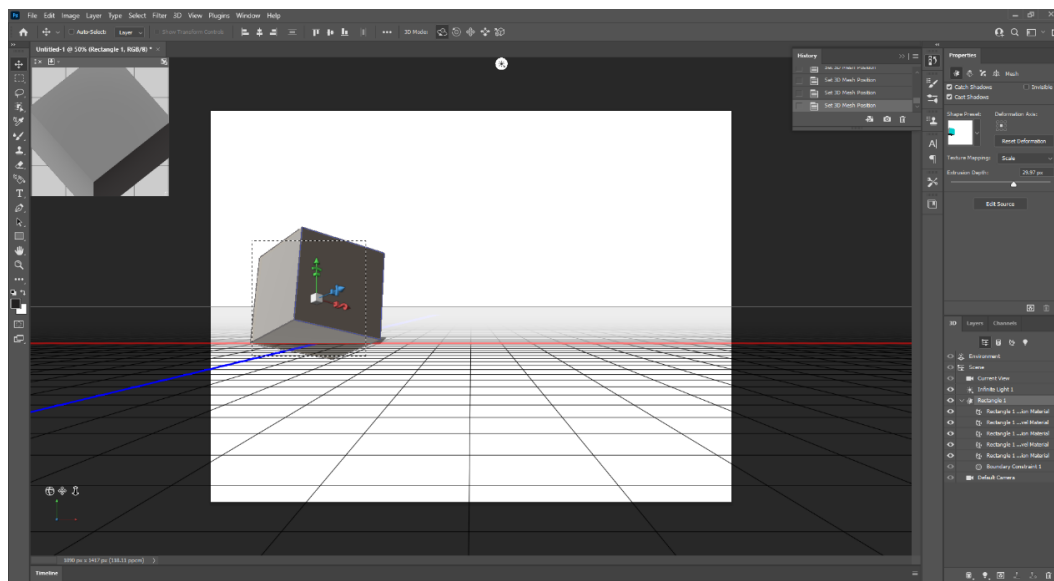
(b) 3 asu shēma: x, y un z, ar y vērstu uz augšu. Rotācija pretēji pulksteņrādītāja virzienam ap katru asi.

Attēls 3-2 asu rotācijas shēma [9]

Rotāciju iespējams ieviest dažādos veidos:

a. Rotācija ar tastatūras pogām

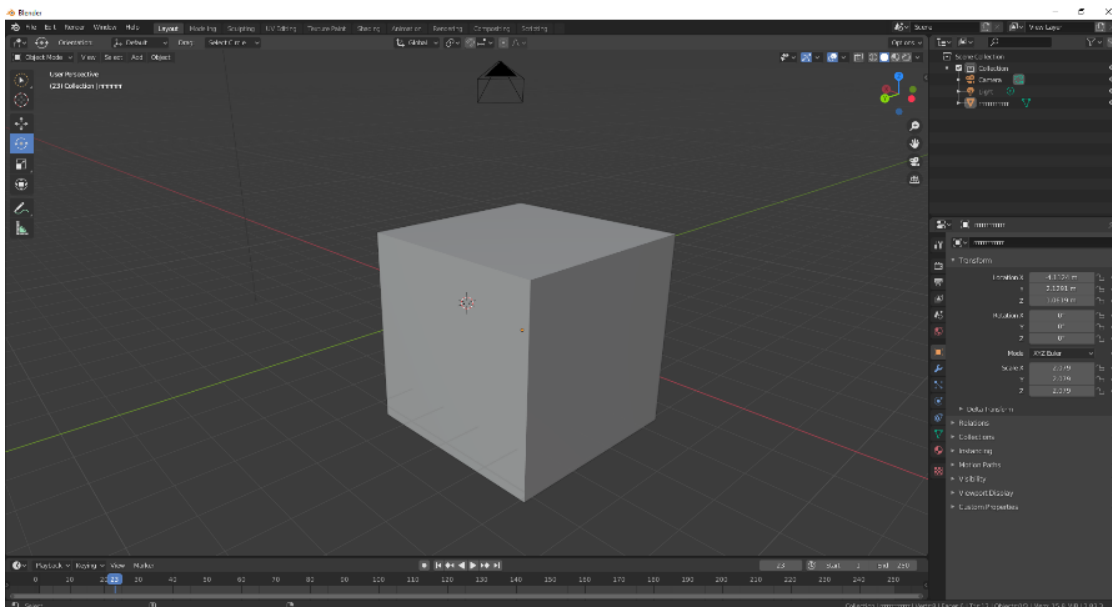
Lietotājs vēlamo rotācijas leņķi ievada ar tastatūras taustiņiem, bieži šāda veida rotācijai tiek lietotas tastatūras bultiņas. Šāds rotācijas veids tiek izmantots, piemēram *Adobe Photoshop* vidē (skat. Attēls 3-3). Objekts tiek rotēts atbilstoši asu izvietojumam un bultas virzienam, kur uz labo pusi un augšu vērstās bultas nodrošina rotāciju pulksteņrādītāja virzienā.



Attēls 4.1-3 Ekrānuuzņēmums – objekta rotācija Adobe Photoshop vidē

b. Rotācija, izmantojot peles koordinātas

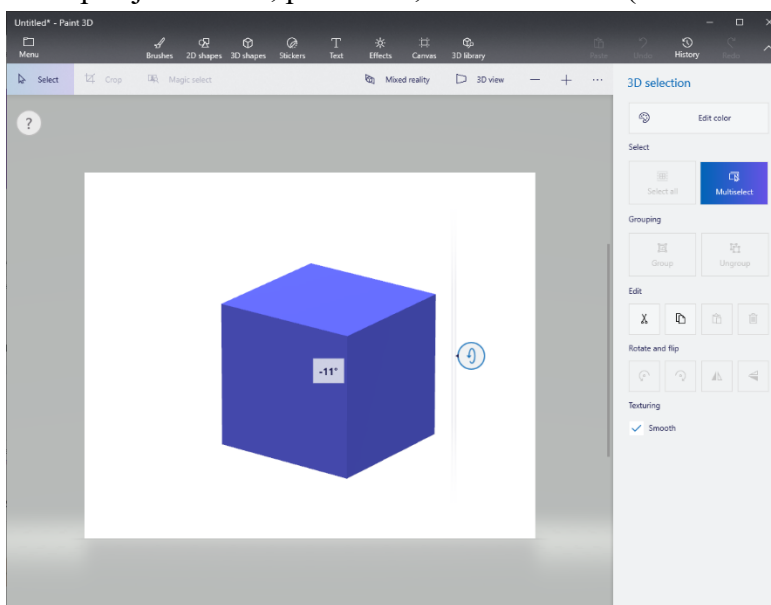
Šajā rotācijas veidā rotācijas funkcija tiek izsaukta, mainoties peles kursora atrašanās koordinātām. Piemēram, peles rotācijas veids tiek izmantots *Blender* vidē (skat. Attēls 3-4). Tātad, ja x-koordināta ir palielinājusies (pele pārvietota pa labi), rotācijas funkcijai tiek padota pozitīva vērtība. [9]



Attēls 3-4 Ekrānuņēmums – objekta rotācija Blender vidē

c. Rotācija ar slīdņa ievadi

Šajā rotācijas veidā uz rotācijas funkciju tiek padota vērtība grādos no lietotāja slīdņa ievadītās vērtības. Ievades kontroli izvietot paralēli rotācijas asīm, lai dotu skaidras norādes par rotācijas virzienu. Šādu pieeju izmanto, piemēram, *Paint 3D* vidē. (skat. Attēls 3-5)



Attēls 3-5 Ekrānuņēmums – objekta rotācija Paint 3D vidē

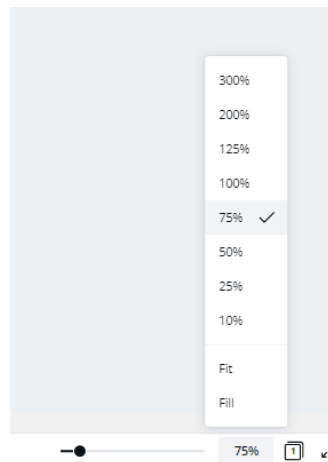
## 2) Mērogojamība

Mērogojamība palielina vai samazina formas lielumu, paplašinot vai saraujot virsotnes. Objekti vienmēr tiek mērogoti no relatīvās izcelsmes punkta, ņemot vērā koordinātu sistēmas ierobežojumus. Pietuvinājums parasti tiek apzīmēts ar procentiem. [10]

Rotāciju iespējams ieviest dažādos veidos:

### a. Izkrītošā izvēle

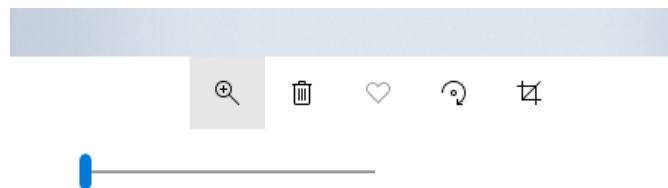
Lietotājam tiek piedāvāts saraksts ar pieejamajiem pietuvinājumiem procentos. Šāda pieeja tiek izmantota, piemēram, *Canvas* vidē. (skat. Attēls 3-6)



**Attēls 3-6 Ekrānuņēmums – mērogojamība Canvas vidē**

### b. Slīdnis

Lai mērotu doto attēlu, pietuvinājuma procentuālā vērtība tiek attēlota uz slīdņa. Šādu mērogojamības veidu iespējams novērot, piemēram *Microsoft Photos* vidē. (skat. Attēls 3-7)



**Attēls 3-7 Ekrānuņēmums – mērogojamība Microsoft Photos vidē**

### c. Pietuvināšana ar tastatūras pogām

Lai pietuvinātu objektu bieži tiek izmantota pietuvināšana ar tastatūras pogām. Piemēram, interneta pārlūkos tiek atbalstīta kombinācija **ctrl +** vai **ctrl -** atvērtā loga pietuvināšanai vai attālināšanai. “+” un “-” ir plaši izmantoti apzīmējumi dažādās ar attēlu apstrādi saistītās

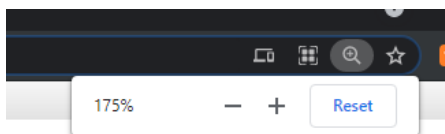
programmatūrās (skat. Attēls 3-8), tādēļ šie tastatūras taustiņi lietotājam asociējas ar mērogošanu un ir vieglāk uztverami.



**Attēls 3-8 Ekrānuņēmums – mērogojamība Paint 3D vidē**

d. Pietuvināšana ar peles ritenīti

Līdzīgi kā pietuvināšanu ar tastatūras “+” un “-” taustiņiem, interneta pārlūki atbalsta arī pietuvināšanu ar peles ritenīti. Piemēram, *Google Chrome* pārlūkā, turot taustiņu ctrl un veicot ievadi ar peles ritenīti, tiek mainīta pietuvinājuma procentuālā vērtība. (skat. Attēls 3-9)



**Attēls 3-9 Ekrānuņēmums – mērogojamība Google Chrome pārlūkā**

3) Navigācijas plānojums

Navigācijas sadaļai jāietver tikai nepieciešamie telpiskie objekti, kas paredzēti matemātikas programmā. Navigācija sastāv no 19 objektiem: (1)Tetraedrs, (2)Kubs, (3)Prizma, (4)Paralēlskaldnis, (5)Piramīda, (6)Cilindrs, (7)Konuss, (8)Lode, (9)Cilindrā ievilkta prizma, (10)Cilindram apvilкта prizma, (11)Konusam apvilκts cilindrs, (12)Konusā ievilkts cilindrs, (13)Cilindrā ievilkta lode, (14) Cilindram apvilκta lode, (15) Konusam apvilκta lode, (16) Konusam apvilκta piramīda, (17) Konusā ievilkta piramīda, (18) Nošķelts konuss, (19)Nošķelta piramīda. Navigācijai virs 7 elementiem tiek rekomendēts izmantot hierarhisku struktūru. Hierarhiskā struktūrā lapas tiek sakārtotas kokveida struktūrā. Katrai bērna lapai ir viens no vecākiem, bet vecākiem var būt viena vai vairākas pakārtotās lapas. Hierarhiskas struktūras ir piemērotas, lai organizētu sarežģītu saturu, kas aptver daudzus elementus. Hierarhiska struktūra var saturēt arī vairākus līmeņus, taču jo dziļāka ir struktūra, jo vairāk klikšķu nepieciešams, lai nokļūtu no viena objekta uz otru. [11]



c. Rediģēt elementu

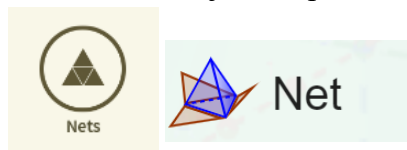
Rediģēšanas funkcija nodrošinātu iespēju mainīt objekta elementu parametrus, piemēram, pagarinot šķautnes vai mainot plaknes izmērus. Rediģēšana bieži tiek apzīmēta ar figūras punktu un līniju ikonu (*skat. Attēls 3-12*)



Attēls 3-12 Rediģēšanas pogas dizaina variācijas

d. Aplūkot izklājumu

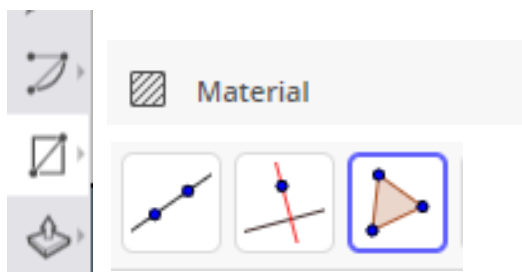
Izklājuma funkcija nodrošina dotā telpiskā objekta virsmas izklājumu. Virsmas izklājums ir plaknes figūra, kas iegūta, visas ģeometriskā ķermeņa virsmas savietojot vienā plaknē. Izklājuma funkcionalitāti ikonu formā apzīmē ar tiešu izklājuma reprezentāciju. (*skat. Attēls 3-13*)



Attēls 3-13 Izklājuma pogas dizaina variācijas

e. Iezīmēt plakni

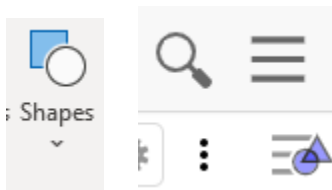
Plaknes iezīmēšanas funkcionalitāte nodrošina lietotājam iespēju attēlot dažāda veida šķēlumus objektam ar plakni. Plaknes iezīmēšanas ikonas tiek apzīmētas ar iekrāsota vai iezīmēta laukuma ikonu. (*skat. Attēls 3-14*)



Attēls 3-14 Plaknes zīmēšanas pogas dizaina variācijas

f. Izvēlēties figūru

Figūru izvēle nodrošina lietotāja piekļuvi navigācijai starp dažādiem objektiem. Figūru izvēli bieži apzīmē ar figūrām, ikonā norādot vairākas dažādas figūras. (skat. Attēls 3-15)



**Attēls 3-15 Figūras izvēles pogas dizaina variācijas**

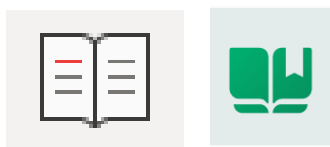
g. Drukāt

Drukāšanas funkcionalitāte ļauj lietotājam izdrukāt izveidoto figūru vai tās izklājumu. Drukāšanas iespējas visbiežāk tiek apzīmētas ar printera ikonu. (skat. Attēls 3-16)



**Attēls 3-16 Drukāšanas pogas dizaina variācijas**

h. Apskatīt teoriju

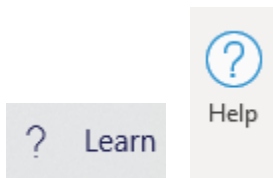


**Attēls 3-17 Papildus informācijas pogas dizaina variācijas**

Teorijas apskates funkcionalitāte nodrošinātu lietotājam iespēju iegūt papildus informāciju par formulām, kas izmantojamas aplūkotā objekta kontekstā. Piekļuvi papildus informācijai iespējams apzīmēt ar atvērta grāmatas ikonu. (skat. Attēls 3-17)

i. Lietošanas pamācība

Lietošanas pamācība iekļauj lietotāja rokasgrāmatas aprakstus, lai nodrošinātu palīdzības norādījumus programmatūrā iekļauto funkciju lietošanā. Pamācības biež tiek apzīmētas ar jautājuma zīmes ikonu.



**Attēls 3-18 Pamācības pogas dizaina variācijas**

Rīkjosla ir ātrai piekļuvei optimizētu komandu grafisks attēlojums. Parasti rīkjoslā ir pogas, kas atbilst lietojumprogrammas izvēlnes vienumiem, nodrošinot tiešu piekļuvi lietojumprogrammas visbiežāk izmantotajām funkcijām. Laba izvēlņu josla ir visaptverošs visu pieejamo augstākā līmeņa komandu katalogs, turpretī laba rīkjosla nodrošina ātru un ērtu piekļuvi bieži izmantotajām komandām. Komandpogu sadalījums starp rīkjoslu un izvēlņu joslu tiek veikts, balstoties uz funkcionalitātes veida (*skat Tabula 3-1*). Rīkjoslā iekļautas tās komandpogas, kuras saistītas ar vizualizācijas rediģēšanu un pielāgošanu. Izvēlņu joslā iekļautas augstākā līmeņa komandu funkcijas, kas saistītas ar navigāciju, tekstuālo informāciju un drukāšanas iespējām.

**Tabula 3-1 Komandpogu sadalījums**

<b>RĪKJOSLA</b>	<b>IZVĒLŅU JOSLA</b>
<b>IZVĒLĒTIES ELEMENTU</b>	Izvēlēties objektu
<b>ATZĪMĒT PUNKTU</b>	Drukāt
<b>REDIĢĒT ELEMENTU</b>	Apskatīt formulas
<b>IZKLĀJUMS</b>	Lietošanas pamācība
<b>IEZĪMĒT PLAKNI</b>	

Katrai komandpogai nepieciešams viennozīmīgs un lietotājam viegli uztverams dizains, izmantojot tādu ikonu dizainu, kas pieejams arī citos grafiskajos rīkos.

Materiālu dizaina sistēmas ikonas ir vienkāršas, modernas un lietotājam draudzīgas. Katra ikona ir izveidota, izmantojot mūsu dizaina vadlīnijas, lai vienkāršā un minimālā veidā attēlotu universālos jēdzienus, kas parasti tiek izmantoti lietotāja saskarnē. Nodrošinot lasāmību un skaidrību gan lielos, gan mazos izmēros, šīs ikonas ir optimizētas, lai skaisti parādītu visās izplatītajās platformās un displeja izšķirtspējā. [12]

Ikonu formām ir jābūt treknrakstā un ģeometriskām. Tām jābūt veidotām ar simetrisku un konsekventu izskatu, nodrošinot lasāmību un skaidrību pat mazos izmēros. [12]

#### 5) Tekstuālās informācijas izvietoējums

Tekstuālajai informācijai jābūt īsai un precīzai lietotāji mēdz izlaist lielus neformatēta teksta blokus, tos nelasot secīgi. Lietotāji mēdz lasīt interaktīvas vadības laukus, it īpaši tās, kas ir būtiskas, lai pabeigtu konkrēto uzdevumu. Statisko tekstu tikai tad, kad viņiem šķiet, ka tas ir nepieciešams. Lietas, kas parādās atšķirīgi, piesaista uzmanību. Treknraksts un liels teksts izceļas no parastā teksta. [13]

Lai lietotājam nodrošinātu satura pieejamību telpiskajam objektam un informatīvo informāciju, tekstus iespējams izvietot:

1) Lapas pārklājumā;

2) Paziņojuma logā. [14]

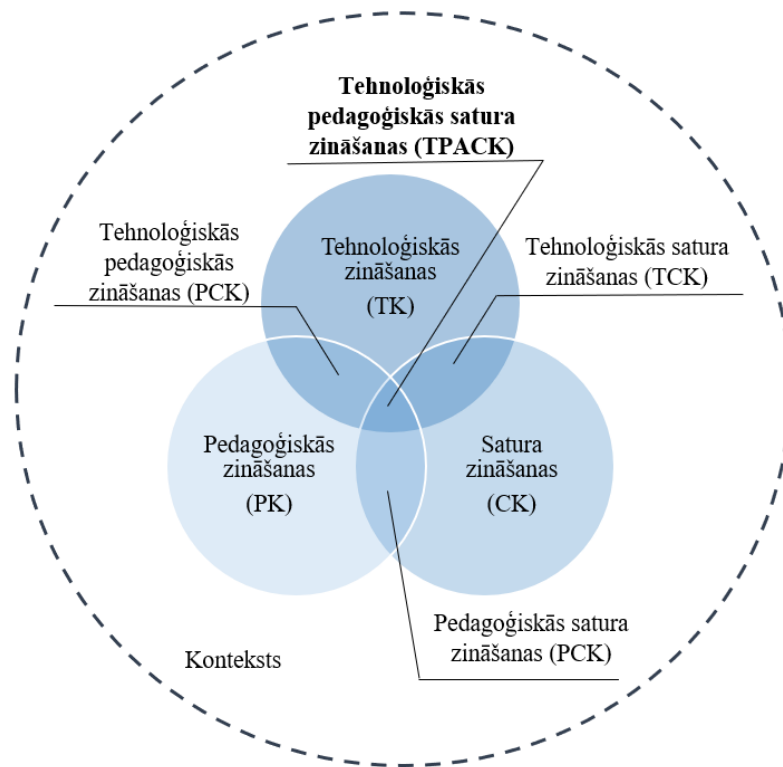
Programmatūras dizains jāveido atbilstoši lietotāju prasēm un vajadzībām. Izvēloties funkcionalitātes ieviešanas veidu, svarīgi apzināties sistēmas kontekstu un lietotāju iepriekšējo pieredzi saskarsmē ar līdzīga veida programmatūru.

## 4. TPACK IETVARS

### 4.1. TPACK ietvara apraksts un pielietojums

Tehnoloģiskā, pedagoģiskā un satura zināšanas ietvars (TPACK) ir pamats skolotāju tehnoloģisko, pedagoģisko un satura zināšanu izpētei. TPACK ietvaru var izmantot, lai izstrādātu uz tehnoloģijām balstītu mācību līdzekli, kuru var apvienot ar mācību metodēm, lai palīdzētu skolēniem izprast tēmas pamatjēdzienus un to, kā ikdienā tehnoloģija var sniegt atbalstu mācību procesā. [3]

Saskaņā ar TPACK ietvaru vislabāk ir izmantot īpašus tehnoloģiskos rīkus (aparāturu, programmatūru, lietojumprogrammas, ar tiem saistīto informācijas pratības praksi utt.), lai instruētu un virzītu skolēnus labākai, stingrākai mācību priekšmeta izpratnei. Trīs zināšanu veidi - TK, PK un CK - tādējādi tiek dažādi apvienoti un kombinēti TPACK ietvaros. *(skat. Attēls 4-1)* Tehnoloģiskās pedagoģiskās zināšanas (TPK) apraksta attiecības un mijiedarbību starp tehnoloģiskajiem rīkiem un specifisko pedagoģisko praksi, savukārt pedagoģiskās satura zināšanas (PCK) apraksta to pašu starp pedagoģiskajām praksēm un konkrētiem mācību mērķiem; visbeidzot, tehnoloģiskā satura zināšanas (TCK) apraksta attiecības un krustojumus starp tehnoloģijām un mācību mērķiem. Šīs trīsstūra zonas veido TPACK, kas ņem vērā attiecības starp visām trim jomām un atzīst, ka pedagogi darbojas šajā sarežģītajā telpā. [15]



**Attēls 4.1-1 TPACK ietvara shematisks attēlojums**

**Satura zināšanas (CK)** - raksturo pašu skolotāju zināšanas par mācību priekšmetu. CK var ietvert zināšanas par jēdzieniem, teorijām, pierādījumiem un organizatorisko struktūru noteiktā priekšmetā; tas var ietvert arī nozares labāko praksi un izveidotas pieejas šīs informācijas pasniegšanai skolēniem. [15]

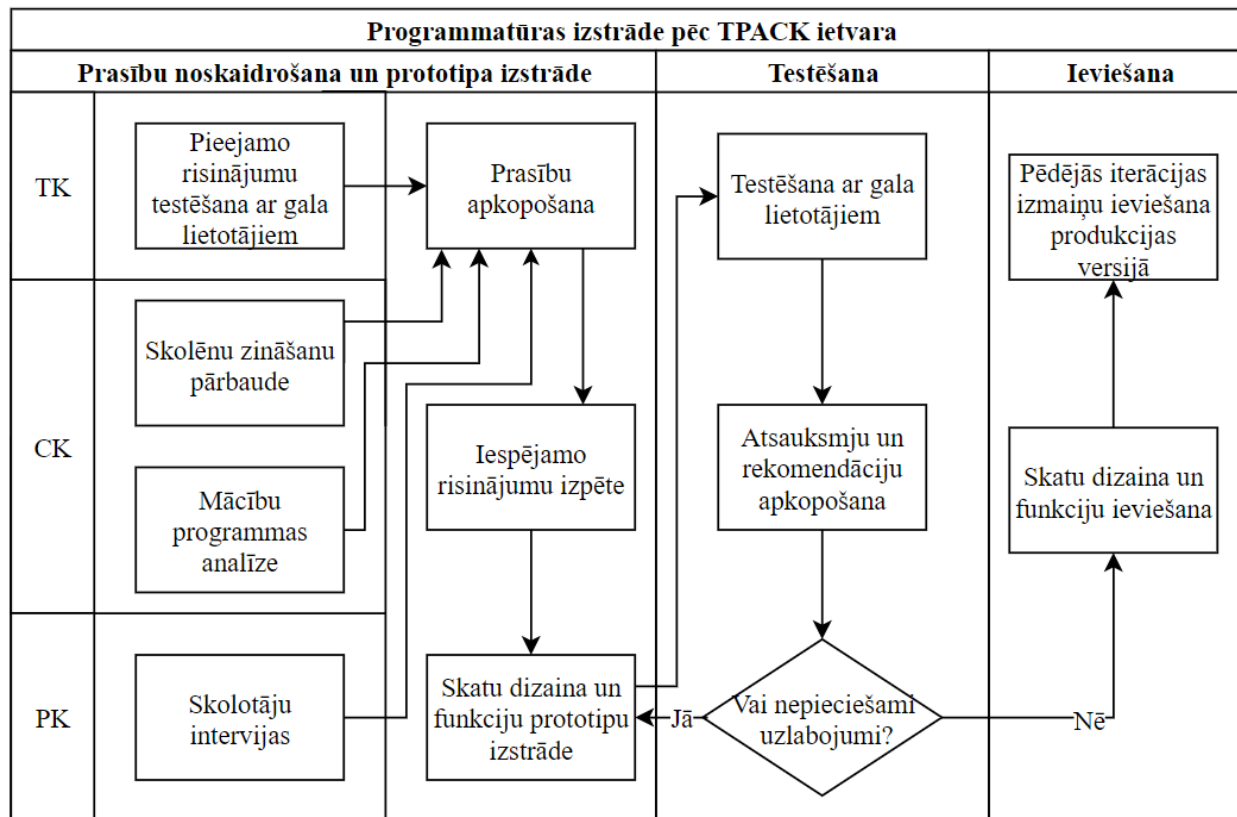
**Pedagoģiskās zināšanas (PK)** - raksturo skolotāju zināšanas par praksi, procesiem un metodēm attiecībā uz mācīšanu un mācīšanos. Kā vispārēja zināšanu forma PK ietver izglītības mērķus, izpratni par studentu mācīšanās stiliem, klases vadības prasmēm, stundu plānošanu un vērtējumiem. [15]

**Tehnoloģiskās zināšanas (TK)** - raksturo skolotāju zināšanas un spēju izmantot dažādas tehnoloģijas, tehnoloģiskos rīkus un saistītos resursus. TK attiecas uz izglītībai specializētu tehnoloģisko mācību resursu izpratni, ņemot vērā tā iespējas noteiktā mācību priekšmetā vai klasē. TK ietver mācīšanos atpazīt, kad pieejamais resurss palīdzēs vai kavēs mācīšanos, un nepārtraukti mācīties un pielāgoties jauno tehnoloģiju piedāvājumiem. [15]

Apvienojot TPACK ietvara daļas, pedagoģiskā satura zināšanas (PCK) raksturo skolotāju zināšanas par mācīšanas un mācīšanās pamatjomām, ieskaitot mācību programmu izstrādi,

studentu novērtēšanu un ziņojumu sniegšanu. PCK koncentrējas uz mācīšanās veicināšanu un saikņu izsekošanu starp pedagogiju un tās atbalstošo praksi (mācību programmu, vērtēšanu utt.). Tehnoloģiskā satura zināšanas (TCK) raksturo skolotāju izpratni par to, kā tehnoloģija un saturs var gan ietekmēt, gan virzīt viens otru. TCK ietver izpratni par to, kā priekšmetu var pasniegt, izmantojot dažādus izglītības tehnoloģiju piedāvājumus, un kuri konkrētie rīki varētu būt vispiemērotākie konkrētiem priekšmetiem vai klasēm. Tehnoloģiskās pedagoģiskās zināšanas (TPK) raksturo skolotāju izpratni par to, kā konkrētas tehnoloģijas var mainīt gan mācību, gan mācīšanās pieredzi, ieviešot jaunus pedagoģiskos nosacījumus un ierobežojumus. Vēl viens TPK aspekts attiecas uz izpratni par to, kā šādus rīkus var izvietot līdzās pedagoģijai tādā veidā, kas ir piemērots mācību stundas atbalstam. [15]

TPACK ietvars ietver arī savus izaicinājumus. Viens no lielākajiem trūkumiem ir nepieciešamība pēc kvalificētiem skolotājiem tehnoloģiju pielietošanā. Tā kā rīks paredzēts kā papildus materiāls, to veiksmīgai pielietošanai būtu nepieciešams apvienot ar citām mācību metodēm, piemēram, teksta uzdevuma atrisināšana pēc dotā objekta attēlojums. Tehnoloģiju veiksmīgai pielietošanai būtu nepieciešams arī atbilstošs nodrošinājums klases telpās. [16]



Attēls 4.1-2 Stereometrijas apguves programmatūras izstrāde pēc TPACK ietvara

Lai pielietotu TPACK ietvaru pilnveidota stereometrijas apguves rīka izstrādē, sākotnēji tiek aplūkota skolēnu darbība jau līdzīga risinājuma programmatūrās, tiek veikta skolēnu zināšanu pārbaude un mācību programmas analīze. Pedagoģiskās zināšanas tiek apkopotas ar skolotāju intervijām par pielietotajām mācību metodēm un materiāliem. (skat. Attēls 4-2) Prasību apkopošanas rezultātā tiek iegūtas galvenās funkcionalitātes, kas jāiekļauj stereometrijas apguves rīkā. Balstoties uz izvirzītajām funkcionalitātēm, tiek veikta iespējamo risinājumu izpēte. Iteratīvi tiek veikta dažādu iespējamo risinājumu testēšana ar gala lietotājiem, lai noskaidrotu, kurš no risinājumiem būtu visoptimālākais katrai funkcijai.

#### 4.2. Salīdzinājums ar citām pieejām

TPACK ietvars bieži tiek salīdzināts ar Rubena Puentedura SAMR ietvaru. TPACK ieviešana ir plaši saistīta ar SAMR (aizstāšana, palielināšana, modifikācija un pārdefinēšana) modeli. Šis modelis tiek popularizēts, ilustrējot skolotāju tehnoloģiskās integrācijas hierarhiju pedagoģiskajā praksē kā novērtējumu skolotāju IKT lietošanas ieviešanā. Tas sākas ar aizstāšanu kā zemāko līmeni un pārdefinēšanu kā augstāko. Pēc Puentedura SAMR modeļa (2006) aizstāšana

nozīmē, ka "tehnoloģija darbojas kā tiešs rīka aizstājējs, bez funkcionālām izmaiņām.". Praksē aizstāšanas process attiecas uz pāreju no manuālām mācību pieejām uz digitālām. Piemēram, skolotāji aizstāj tāfeli vai izdrukātus materiālus, piemēram, ar interaktīvajām tāfelēm (t.i., izmantojot projektorus) vai skolēni pierakstu veikšanai izmanto personālos klēpj datorus, nevis raksta uz papīriem. [17]

Stereometrijas apguves rīks nebūtu aizstājējs fiziskiem mācību materiāliem, bet tiktu veidots kā papildus atbalsta materiāls darbam mācību stundās vai ārpus tās. Stereometrijas apguves rīks darbotos kā vizuāls atbalsts un papildinājums jau pieejamajiem risinājumiem, kā rezultātā atbilstošāka pieeja būtu izvēlēties TPACK ietvaru programmatūras izstrādē.

Kopumā TPACK ietvars stereometrijas apguves rīka kontekstā būtu piemērotāks, lai izstrādātā programmatūra gan būtu atbilstoša mācību programmai, gan būtu ērti lietojama skolēniem un skolotājiem kā atbalsts mācību vielas apguvei, jo veicot programmatūras izstrādi pēc šīs pieejas tiktu analizēts gan mācību programmas saturs, gan gala lietotāju datorprasmes un tehnoloģiju lietošanas paradumi.

## 5. PĒTĪJUMS PAR PROGRAMMATŪRAS LIETOTĀJU SASKARNES PROJEKTĒJUMU

Programmatūras izstrāde, balstoties uz TPACK ietvaru nosaka gala lietotāju – skolotāju un skolēnu – digitālo prasmju un paradumu, iepriekšējās pieredzes analīzi, lai nodrošinātu pēc iespējas kvalitatīvāku un efektīvāku nepieciešamo elektronisko mācību materiālu izstrādi. Pētījuma mērķis ir, ievērojot TPACK ietvara zināšanu domēnus izpētīt stereometrijas apguves rīka gala lietotāju – skolēnu un skolotāju tehnoloģiskās (TK) un pedagoģiskās (PK) zināšanas, izstrādāt pielāgotu rīku, kas būtu atbilstošs mācību saturam (CK).

### 5.1. Metodes

#### 5.1.1. Pētījuma dalībnieki

Pētījuma pirmajā daļā dalībnieku izlases kopu veidoja matemātikas skolotāji ar vismaz 5 gadu pieredzi vidusskolas vecuma jauniešu izglītošanā (n=15).

Pētījuma otrās daļas izlases kopā tika izvēlēti Cēsu Valsts ģimnāzijas 10. (21 skolēns), 11. (18 skolēni) un 12. (22 skolēni) klašu skolēni vecumā no 16 līdz 19 gadiem (n=61). 10. klašu skolēni apgūst vidusskolas programmu ar dabaszinātņu virzienu (programmas kods 31016011) 11.un 12.klašu pētījuma dalībnieki apgūst matemātikas, dabaszinātņu un tehnikas virziena programmu (programmas kods 31013011).

#### 5.1.2. Materiāli

Skolotāju pētījuma daļas dalībnieki anketai piekļūst no savām personīgajām ierīcēm tiešsaistē.

Skolēnu pētījuma daļā dalībnieki testiem un uzdevumiem piekļūst no savām personīgajām ierīcēm tiešsaistē. Pētījuma dalībnieki testu pildīja uz personīgajiem datoriem, lai nodrošinātu vienlīdzīgākus apstākļus un ekrāna izmērus. Pētījums tika veikts mācību stundas laikā, izmantojot tīmekļsemināra platformu *Zoom*.

Rotācijas un mērogošanas stimuli tika veidoti, izmantojot p5.js bibliotēku. [18] P5.js ir bezmaksas atvērta pirmkoda *JavaScript* bibliotēka, kas paredzēta zīmēšanas funkcionalitātes nodrošināšanai. Izklājumu stimuli veidoti, izmantojot prototipēšanas rīku *Figma*. [19] *Figma* ir vektorgrafikas redaktors un prototipu veidošanas rīks, kas galvenokārt ir balstīts uz tīmekli, ar papildu bezsaistes funkcijām, kuras darbvirsmas lietojumprogrammas ir iespējamas *MacOS* un *Windows*.

Komandpogu dizainam izmantotas ikonas no materiālā dizaina ikonu kataloga. Materiālu dizaina ikonu pieaugošā ikonu kolekcija ļauj dizaineriem un izstrādātājiem, kuru mērķauditorija ir dažādas platformas, lejupielādēt ikonas jebkuram projektam vajadzīgajā formātā, krāsā un izmērā. [20] Materiālā dizaina ikonu katalogā iekļauti, gan *Google*, gan arī lietotāju kopienas izstrādātie ikonu dizaini, kas ir plaši izmantoti dažādās platformās un ir atpazīstami lietotāju vidū.

### 5.1.3. Dizains un procedūra

Pētījums tika veikts divās daļās. Pirmā pētījuma daļa sastāvēja no skolotāju intervijām. Interviju mērķis bija noskaidrot, ar kādām grūtībām skolotāji saskarās pasniedzot stereometrijas tematu vidusskolēniem, kā arī noskaidrot skolotāju datorprasmju novērtējumu un elektronisko mācību materiālu lietošanas paradumus. (*skat. Pielikums 6*).

Pētījuma otrajā daļā tika veiktas skolēnu aptaujas, kā arī veikta A/B testēšana ar dažādu nepieciešamo funkcionalitāšu realizācijas veidiem.

Pētījuma dalībnieku datorprasmju novērtējums tika veikts, balstoties uz tehnoloģijas pieņemšanas modeli. [21] No visām teorijām tehnoloģiju pieņemšanas modelis (TAM) tiek uzskatīts par visietekmīgāko un biežāk izmantoto teoriju, lai aprakstītu indivīda prasmes, lietojot informācijas sistēmas. TAM nosaka, ka indivīda informācijas sistēmas pieņemšanu nosaka divi galvenie mainīgie: (a) uztvertā lietderība un (b) uztveramā lietošanas vienkāršība.

Pētījumā tika izmantots kvaziekperimentāls iekšgrupu dizains. Šāds dizains tika izvēlēts, jo pētījumā tika veikta dalībnieku atlase, atbilstoši katras pētījuma daļas mērķim.

Par pētījuma pirmās daļas dalībniekiem tika izvēlēti matemātikas skolotāji, kas šobrīd pasniedz vai ir pasnieguši stereometrijas tematu vidusskolā.

Pētījuma otrajā daļā tika veidota dalībnieku izlase, balstoties uz klašu grupām un mācību programmu. Pirmajā uzdevumā skolēniem bija jāizvēlas ērtākais no četriem mērogošanas veidiem (*skat. Pielikums 3*) un jānovērtē tā pielietojuma ērtums. Novērtējums bija jāveic pēc katra mērogošanas veida, izmantojot neierobežoto skalu. Skolēniem bija iespējams arī norādīt papildus informāciju pēc katra veida izmēģināšanas.

Otrajā uzdevumā skolēniem bija jāveic trīs dažādu rotācijas veidu salīdzinājums. (*skat. Pielikums 2*) Katram no rotācijas veidiem bija iespēja izkrītošajā izvēlē atzīmēt rotācijas ātrumu. Novērtējums bija jāveic pēc katra mērogošanas veida, izmantojot neierobežoto skalu un papildus jānorāda piemērotākais rotācijas ātrums konkrētajam rotācijas veidam. Skolēniem bija iespējams arī norādīt papildus informāciju pēc katra veida izmēģināšanas.

Pieeju novērtējumos tika izmantota horizontāla vizuāli analoga skala, lai mazinātu centrālās tendences un neobjektivitātes risku. [22]

Trešajā uzdevumā skolēniem bija jāveic objektu grupēšana. Skolēniem tika dots saraksts ar programmā apgūstamajiem telpiskajiem ķermeņiem un ķermeņu kombinācijām: 1)Tetraedrs, (2)Kubs, (3)Prizma, (4)Paralēlskaltnis, (5)Piramīda, (6)Cilindrs, (7)Konuss, (8)Lode, (9)Cilindrā ievilkta prizma, (10)Cilindram apvilka prizma, (11)Konusam apvilks cilindrs, (12)Konusā ievilkts cilindrs, (13)Cilindrā ievilkta lode, (14) Cilindram apvilka lode, (15) Konusam apvilka lode, (16) Konusam apvilka piramīda, (17) Konusā ievilkta piramīda, (18) Nošķelts konuss, (19)Nošķelta piramīda. Skolēniem bija jāsadrupē šie objekti neierobežota skaita grupās, grupas nosaukumā norādot kopējo īpašību, pēc kuras veikta grupēšana.

Ceturtajā uzdevumā skolēniem tika doti dažādi rīka komandpogu izklājumu veidi. (*skat. Pielikums 4*) Pētījuma dalībniekiem tika doti uzdevumi, kas jāveic rīkā. Katram uzdevumam tika fiksēts dalībnieku reakcijas laiks un izvēlētais punkts ekrānā.

Piektajā uzdevumā skolēniem tika doti dažādi tekstu izklājumu veidi. Skolēnu uzdevums bija izvēlēties ērtāko teksta izklājumu.

Pēc veicamajiem uzdevumiem sekoja demogrāfiskā daļa.

#### 5.1.4. Pētījuma jautājumi

Pētījumā tika izvirzīti vairāki jautājumi:

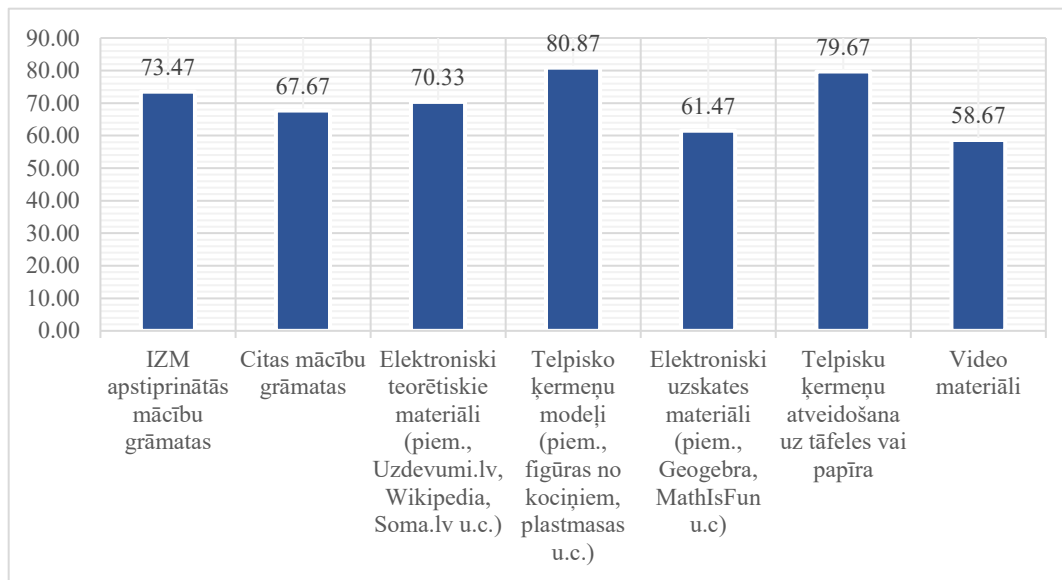
Kādas ir skolotāju un skolēnu datorprasmes un IKT lietošanas paradumi?

Kuri no izstrādātajiem lietotāju saskarnes risinājumiem ir optimālāki un intuitīvāki skolēnu ikdienas lietošanai?

## 5.2. Rezultāti

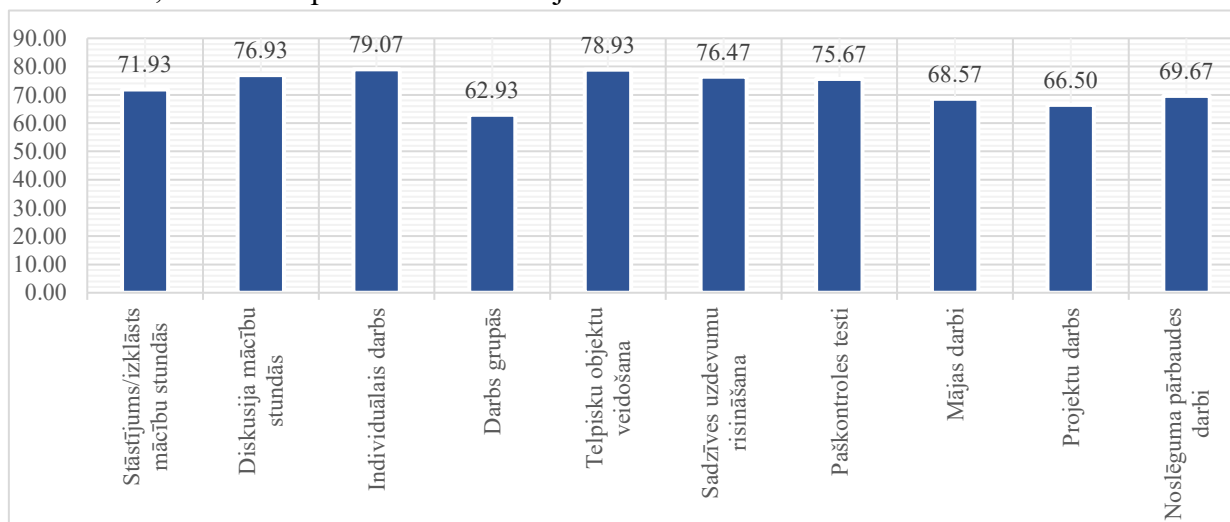
### 5.2.1. Datu ievākšana un analīze

Analizējot pētījuma pirmās daļas rezultātus, tika noskaidrots, ka stereometrijas apguvē skolotāji bieži lieto telpisku ķermeņu modeļus un veido vizualizācijas uz tāfeles vai papīra. (skat. Attēls 5.2.1-1)



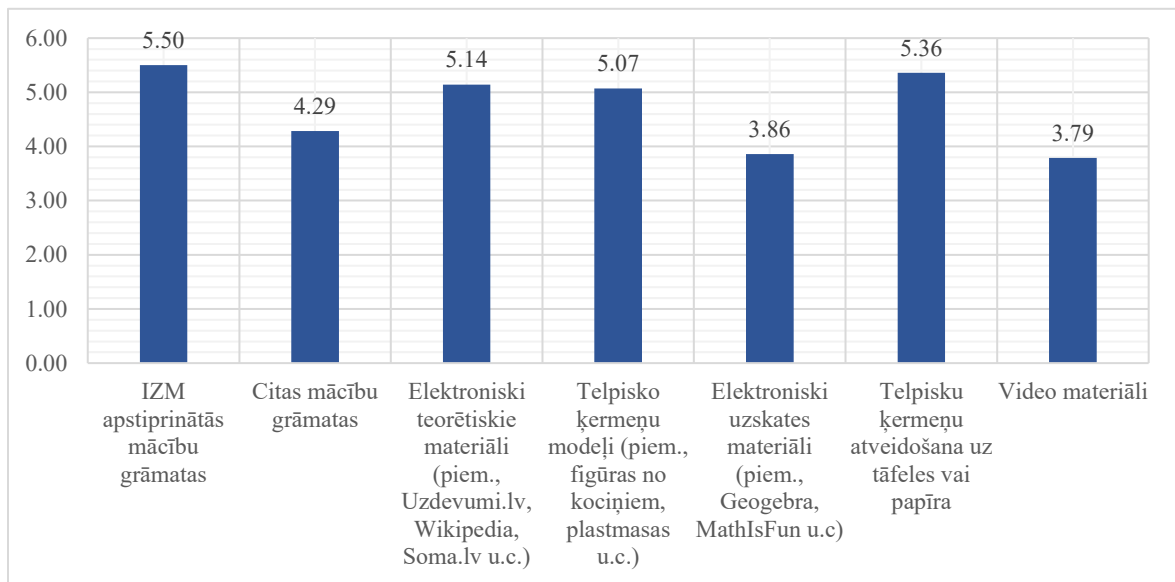
Attēls 5.2.1-1 Lietojuma biežums mācību materiāliem un resursiem stereometrijas apguvē

Skolotāji darbā ar skolēniem bieži izmanto telpisko objektu veidošanu kā darba formu stereometrijas apguvē. (skat. Attēls 5.2.1-2) Skolotāji augsti novērtē telpisku ķermeņu atveidošanu un uzskata, ka mācību procesā vizualizācijā ir liela nozīme.



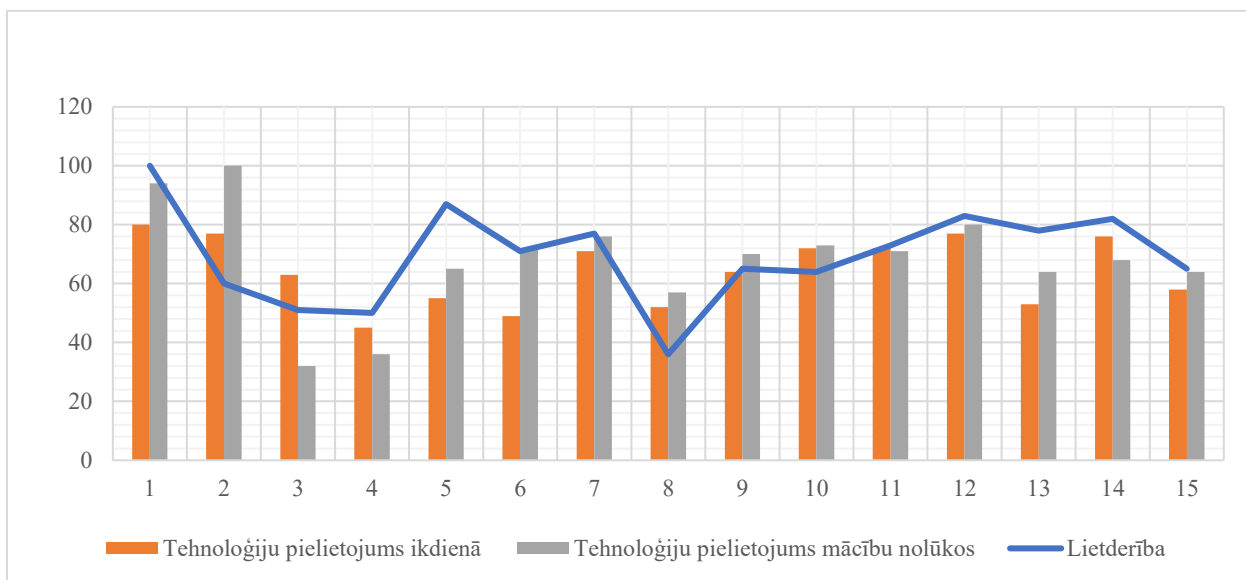
Attēls 5.2.1-2 Lietojuma biežums mācību metodēm un darba formām stereometrijas apguvē

Vizualizāciju nozīme attēlojas arī mācību materiālu efektivitātes novērtējumos. Telpisku ķermeņu atveidošana uz tāfeles un modeļos. (skat. Attēls 5.2.1-3 )



**Attēls 5.2.1-3 Efektivitātes novērtējums mācību materiāliem un resursiem stereometrijas apgūvē**

Novērtējot mācību materiālus, ievērojami zemāk skolotāji novērtējuši elektroniskos mācību materiālus. Iespējams tas saistīts ar skolotāju datorprasmēm un pārlicību izmantojot VISC rekomendētos rīkus. Skolotāji, kuri augstāk vērtē savas digitālās prasmes, augstāk novērtē arī tehnoloģiju pielietošanu mācību stundās. (skat. Attēls 5.2.1-4 ) Klātienē digitālo rīku lietojumu mācību stundās ierobežo arī tehniskais nodrošinājums klasēs. Mācību nolūkos piedāvātos rīkus izmanto tie skolotāji, kuriem ir dotas apmācības rīku pielietošanā. Tā kā esošie risinājumi nav pietiekami intuitīvi lietotājam, skolotājiem ir grūti apgūt jaunās tehnoloģijas bez iepriekšējām instrukcijām, kas savukārt liedz tās pielietot mācību nolūkos.



**Attēls 5.2.1-4 Tehnoloģiju pielietojuma prasmju un lietderības novērtējums**

Attālināto mācību organizēšanā skolotāji stereometrijas temata pguvē galvenokārt saskaras ar problēmām telpisku objektu vizualizēšanā (53% no pētījuma dalībniekiem). Digitālu rīku pielāgošana stereometrijas apgūvei noteikti atvieglinātu telpisku ķermeņu vizualizēšanu mācību stundās, jo attālināti skolotājiem nav iespējas izsniegt skolēniem telpisku ķermeņu modeļus. Vēl skolotāji norādīja uz komunikācijas problēmām ar skolēniem, jo attālinātajos mācību apstākļos nav iespējams nodrošināt individuālu pieeju katram skolēnam, izmantojot tīmekļsemināra platformas mācību stundu organizēšanā.

Pētījuma pirmās daļas dalībnieki norādīja, ka skolēnu telpiskās domāšanas prasmes ir ievērojami samazinājušās pēdējo gadu laikā. Skolēni, kas veiksmīgi tiek galā ar uzdevumiem par plaknes ģeometriju, ne vienmēr spēj savas prasmes pielietot uzdevumiem telpā. Skolēniem lielas grūtības sagādā arī zīmējumu veidošana, balstoties uz uzdevuma aprakstu.

Pēc pētījuma otrās daļas pirmā uzdevuma apkopojuma var secināt, ka skolēniem visērtāk šķiet mērogošanas funkcionaitāti ieviest ar peles rullīša un tastatūras pogu izmantošanu pietuvināšanai. (skat. Tabula 5.2.1-1) Ieviešot pietuvināšanu ar peles ritenīti, būtu nepieciešams palielināt procentuālo pietuvinājumu, jo daļa skolēnu izteica viedokli par mērogojamības apmēra ievadīšanu. Pēc pētījuma dalībnieku domām, peles ritenītim jāievieš lielāks jutīgums, lai izvairītos no pārak lielas ritināšanas.

**Tabula 5.2.1-1 Pētījuma otrās daļas pirmā uzdevuma apkopojums**

	Novērtējums
<b>Pietuvināšana ar peles ritenīti</b>	<b>74.54</b>
<b>Pietuvināšana ar tastatūras pogām</b>	<b>61.85</b>
<b>Pietuvināšana ar slīdņi</b>	54.28
<b>Pietuvināšana ar izkrītošo izvēli</b>	35.74

Pētījuma otrās daļas otrajā uzdevumā skolēni pārlicinoši augstāk novērtēja rotācijas ieviešanu ar slīdņi, vidēji novērtējot to efektivitāti 70.73 un 63.16 (maksimālais vērtējums 100). (skat. Tabula 5.2.1-2) Optimālāko rotācijas ātrumu šiem rotācijas veidiem pētījuma dalībnieki novērtēja vidēji robežās 2.71 -3.16. Rotācijas ātrums tika novērtēts, pārveidojot pētījuma dalībnieku ievadīto rotācijas leņķi grādos uz radiāniem pēc formulas  $V_{rot} = a \cdot \frac{\pi}{180} \cdot k$ , kur  $a$  - rotācijas leņķis,  $k$  - rotācijas ātruma koeficients, katrā kadru nomaiņas cikla iterācijā.

**Tabula 5.2.1-2 Pētījuma otrās daļas otrā uzdevuma apkopojums**

	Novērtējums	Rotācijas ātrums
<b>Rotācija ar slīdņi</b>	<b>70.73</b>	<b>2.71</b>
<b>Rotācija ar peli (turot peles labo pogu)</b>	<b>63.18</b>	<b>3.16</b>
<b>Rotācija ar tastatūras pogām (tastatūras bultiņas)</b>	48.53	3.77

Gan mērogošanas, gan rotēšanas funkcionalitātes skolēni novērtēja līdzvērtīgi neatkarīgi no skolēna datorprasmēm un izmantotajām programmām. Rotācijas un mērogošanas veida vērtējums bija līdzvērtīgs gan skolēniem, kas ikdienā spēlē datorspēles, gan skolēniem, kas izmanto dažādus grafiskā dizaina rīkus.

Pētījuma otrās daļas trešajā uzdevumā skolēniem bija jāveic objektu grupēšana, balstoties uz to kopējām īpašībām. Par optimālu grupēšanas iedalījumu tika uzskatītas tās figūras, kuras kopā bija sagrupējuši lielākā daļa pētījuma dalībnieku ( $n > 30$ ). (skat. Tabula 5.2.1-3) Kopumā pēc pētījuma dalībnieku sniegtajām atbildēm, telpiskos ķermeņus iespējams sagrupēt 5 grupās. Skaidri iezīmējās daudzskaldņu grupa, kas iekļāva tetraedra, kuba, prizmas, paralēlskaldņa un piramīdas atveidojumus. Vēl viena atsevišķa grupa, ko iespējams izdalīt ir rotācijas ķermeņi. Šajā grupā tiktu iedalīta lode, konuss un cilindrs. Vēl atsevišķā grupā skolēni pārlicinoši iedalīja cilindram apvilktas un ievilkas figūras – cilindrā ievilkta prizma, cilindram apvilktā prizma, cilindram

ievilkta lode, cilindram apvilkta lode. Ceturtajā grupā iespējams sagrupēt konusam apvilktas un ievilkta figūras – konusam apvilkts cilindrs, konusā ievilkts cilindrs konusam apvilkta lode, konusam apvilkta piramīda, konusā ievilkta piramīda. Piektajā grupā pētījuma dalībnieki iedalīja nošķeltas figūras – nošķelts konuss, nošķelta piramīda.

**Tabula 5.2.1-3 Pētījuma otrās daļas trešā uzdevuma apkopojums**

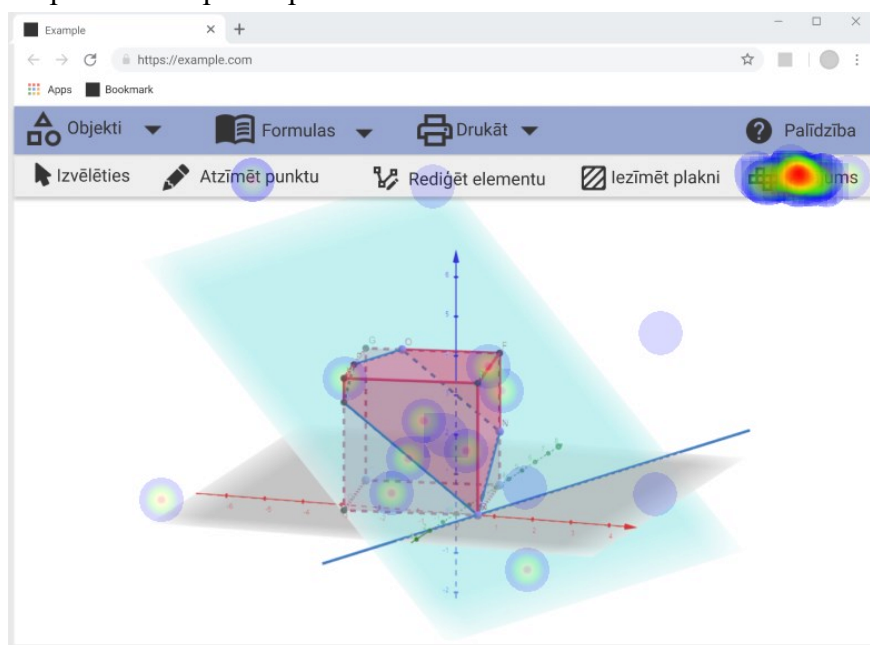
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19			
<b>Tetraedrs</b>	1		43	44	44	43	13	16	20	1	3	2	2	1	0	2	4	3	10	29		
<b>Kubs</b>	2			44	52	31	18	16	25	1	3	1	2	3	2	1	0	0	8	21		
<b>Prizma</b>	3				49	39	13	14	22	3	6	1	2	2	0	1	3	1	9	23		
<b>Paralēlskaldņi</b>	4					34	18	15	22	1	4	2	3	3	2	2	2	0	9	19		
<b>Piramīda</b>	5						13	15	18	5	3	4	3	3	2	3	11	9	8	39		
<b>Cilindrs</b>	6							30	34	21	21	9	7	21	21	5	1	0	16	9		
<b>Konuss</b>	7									32	2	4	19	19	2	2	18	19	18	42	11	
<b>Lode</b>	8										5	4	4	2	14	13	9	1	0	18	12	
<b>Cilindrā ievilkta prizma</b>	9											47	19	24	48	39	12	17	23	2	2	
<b>Cilindram apvilkta prizma</b>	10												27	18	38	47	22	26	16	4	2	
<b>Konusam apvilkts cilindrs</b>	11													44	18	28	47	46	36	19	2	
<b>Konusā ievilkts cilindrs</b>	12														23	16	36	35	42	19	1	
<b>Cilindrā ievilkta lode</b>	13															50	22	13	19	3	1	
<b>Cilindram apvilkta lode</b>	14																31	21	13	2	0	
<b>Konusam apvilkta lode</b>	15																	46	36	18	3	
<b>Konusam apvilkta piramīda</b>	16																		47	20	10	
<b>Konusā ievilkta piramīda</b>	17																				17	8
<b>Nošķelts konuss</b>	18																					61
<b>Nošķelta piramīda</b>	19																					

Pētījuma otrās daļas ceturtajā uzdevumā skolēniem bija jāveic dotais uzdevums, atrodot nepieciešamos funkcijas apzīmējumus. Katram uzdevumam tika mērīts reakcijas laiks. Pārliecinoši ātrāk skolēni atrada nepieciešamo funkcionalitāti, izvietojot pogas atsevišķā paletē. (skat. Tabula 5.2.1-4)

**Tabula 5.2.1-4 Reakcijas laiku vērtējumi pētījuma otrās daļas ceturtajam uzdevumam**

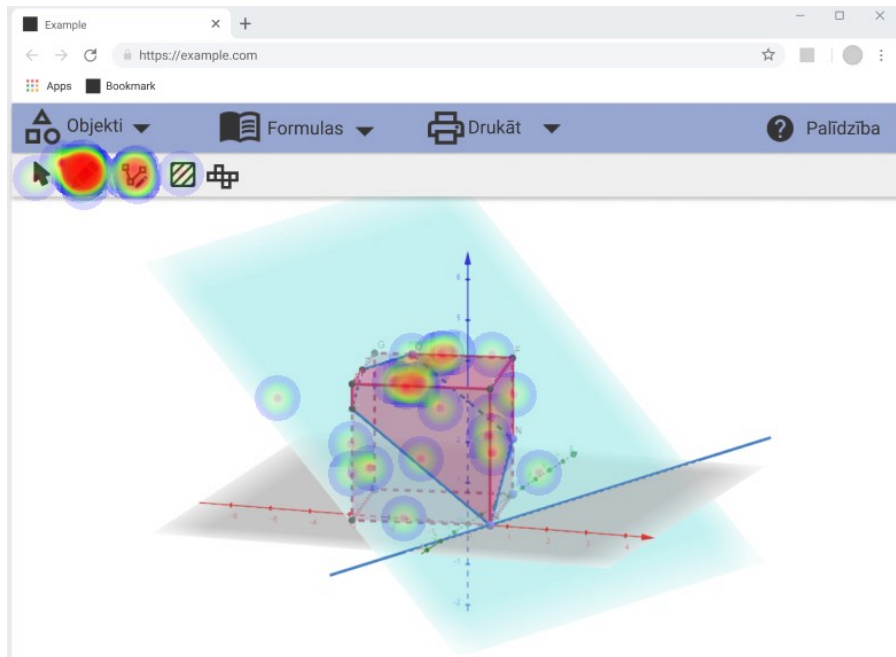
	<b>Rīkjosla ar ikonām un nosaukumiem</b>	<b>Rīkjosla ar ikonām</b>	<b>Rīkjosla atsevišķā paletē</b>
<b>Izvēlēties elementu</b>	7.05	6.83	6.29
<b>Atzīmēt punktu</b>	10.12	7.52	5.83
<b>Rediģēt elementu</b>	6.3	5.43	5.62
<b>Izklājums</b>	6.57	6.2	4.81
<b>Iezīmēt plakni</b>	6.1	8.05	6.15
<b>Vidējais laiks</b>	<b>7.23</b>	<b>6.81</b>	<b>5.74</b>

Pēc rezultātu apkopošanas tika veikta arī uzdevuma veikšanas precizitātes analīze, nosakot karstos punktus rīka dizaina prototipā. (skat. Attēls 5.2.1-5) Karstie punkti tika noteikti pēc lietotāju atzīmētā punkta rīka prototipā.



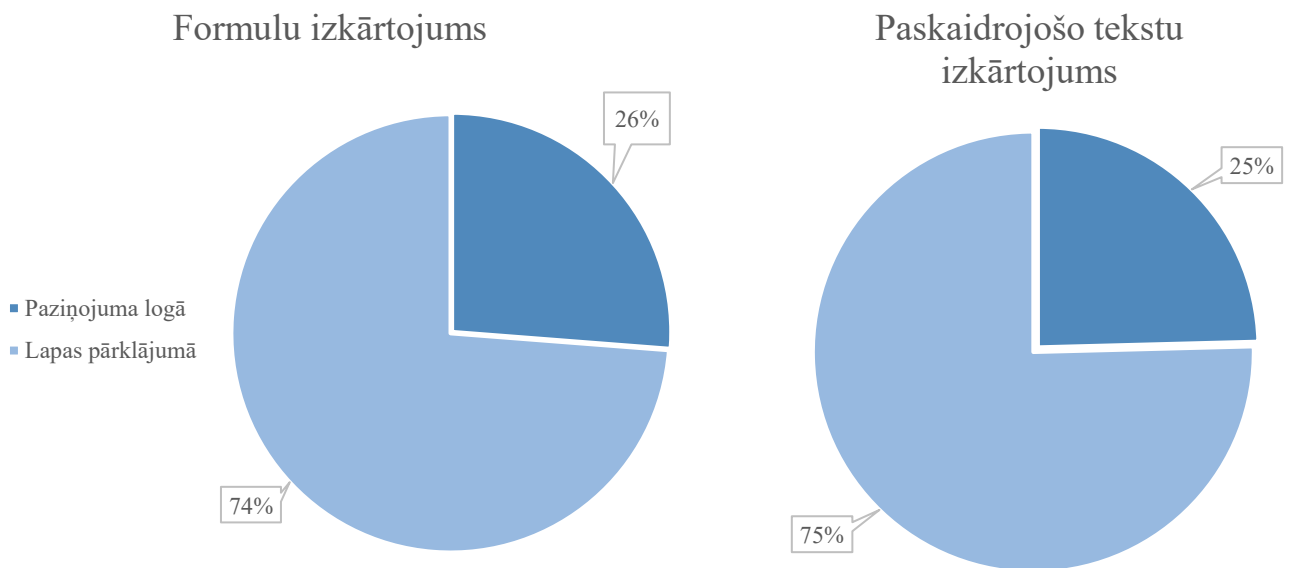
**Attēls 5.2.1-5 Karsto punktu analīze uzdevumam “Izveidot kuba izklājumu”**

Lai gan rīkjoslas izveidošana atsevišķā paletē nodrošina ātrākus reakcijas laikus, skolēniem problemātiski izvēlēties elementa rediģēšanas kontroli. Bez nosaukumiem skolēniem intuitīvāk šķita plaknes iezīmēšanas, izklājuma izveidošanas un elementa izvēles funkcijas. (skat. Attēls 5.2.1-6)



**Attēls 5.2.1-6 Karsto punktu analīze uzdevumam “Iezīmēt punktu uz kuba šķautnes”**

Pētījuma otrās daļas piektajā uzdevumā skolēniem bija jāizvēlas optimālākais teksta novietojums telpiskā ķermeņa formulu izkārtojumam un lietošanas instrukciju paskaidrojošo tekstu izkārtojumam. Abos gadījumos vairāk kā 70% pētījuma dalībnieku norādīja, ka ērtāk tekstuālo informāciju būtu izvietot lapas pārklājuma veidā. (skat. Attēls 5.2.1-7)



**Attēls 5.2.1-7 Pētījuma otrās daļas piektā uzdevuma apkopojums**

## REZULTĀTI UN DISKUSIJA

Pilnvērtīgs stereometrijas apguves rīks atvieglinātu matemātikas mācību procesu vidusskolā. Skolotājiem nepieciešams veids, kā vizualizēt telpiskus ķermeņus mācību stundas laikā. Rīka UI jāveido tā, lai tas būtu ērti lietojams kā skolēniem, tā skolotājiem bez papildus laika ieguldīšanas programmatūras apgūvē. Rīkā jāiekļauj tikai mācību programmai atbilstošais saturs, lai veicinātu ērtu un intuitīvu lietotāja saskarni.

TPACK ietvars ir pamats skolotāju tehnoloģisko, pedagoģisko un satura zināšanu izpētei, kā rezultātā, izstrādājot programmatūru pēc šī ietvara, tiek veicināts efektīvāks izstrādes process. TPACK bieži tiek salīdzināts ar SAMR ietvaru, taču tā pielietojums ir atbilstošāks stereometrijas apguves rīka izstrādē, jo izstrādātajai programmatūrai jānodrošina atbalsts un paplašinājums šobrīd mācību programmas apguvei pielietotajām metodēm un darba formām.

VISC piedāvātajos stereometrijas rīkos netiek nodrošināta pilnvērtīga mācību satura atveidošana. Piedāvātie rīki ir sarežģīti un lietotājam nedraudzīgi. Skolotāji izvēlās lietot piedāvātos rīkus tādos gadījumos, ja tiem ir bijušas nodrošinātas apmācības. Tā kā esošie risinājumi nav pietiekami intuitīvi lietotājam, skolotājiem ir grūti apgūt jaunās tehnoloģijas bez iepriekšējām instrukcijām, kas savukārt liedz tās pielietot mācību nolūkos. Šie novērojumi apstiprina jau iepriekš veiktos pētījumus par IKT izmantošanu mācību procesā. Piemēram, Justsinta Alivi veiktajā pētījumā tik noskaidrots, ka starp iespējām, ko sniedz tehnoloģijas, daudzi skolotāji joprojām neatbalsta IKT integrēšanu mācību procesā. Daži faktori, piemēram, instrumentālie pedagoģiskie stili, tehnoloģisko resursu trūkums, maza tehnoloģiju izmantošana ikdienā, ierobežota pieredze IKT profesionālajā attīstībā un stingras IKT izmantošanas politikas trūkums, ir iemesls, kāpēc skolotāji nevēlas IKT iekļaut ikdienas darbā. TPACK ietvara ietekmē tiek mazināta šo faktoru ietekme, tādējādi padarot tehnoloģiju izmantošanu mācību procesā ērtāku arī skolotājiem. [17]

praksē.

Galvenās funkcionalitāes, kuras būtu jāuzlabo esošajiem risinājumiem:

- 1) Rotācija;
- 2) Mērogojamība;
- 3) Navigācija;
- 4) Zīmēšanas rīku izvietojums;
- 5) Formulu, pamācības tekstuālās informācijas izvietojums.

Atsaucoties uz iepriekš veiktajiem pētījumiem TPACK ietvara izpētē, piemēram, uz *Guangxi Normal* universitātes veikto pētījumu par interaktīvu matemātikas rīku izveidi pēc TPACK ietvara, bakalaura darbā gūtie rezultāti apstiprina, ka TPACK ietvars ir noderīgs veids, kā izskaidrot nepieciešamo zināšanu apgabalus, lai tehnoloģiju integrācija būtu veiksmīga mācību programmā. Balstoties uz iegūtajiem datiem pētījuma, tika iegūtas nozīmīgas atsauksmes un rezultāti gan no skolotājiem, gan skolēniem par UI ieviešanas prasībām.

Pēc pētījumā iegūtajiem rezultātiem mērogošanas ieviešanu būtu ieteicams veikt ar peles rullīša ievadi vai tastatūras pogu izmantošanu pietuvināšanai, kuru efektivitāti skolēni vidēji novērtēja 74.54 un 61.85 punktiem (100 punktu skala). Ieviešot pietuvināšanu ar peles ritenīti, būtu nepieciešams palielināt procentuālo pietuvinājumu, jo daļa skolēnu izteica viedokli par mērogojamības apmēra ievadīšanu. Iespējams, ka risinājumā būtu vērts iekļaut abus mērogošanas veidus, līdzīgi kā tas tiek veikts tādos interneta pārlūkjos. “+” un “-” taustiņi ir laba opcija pietuvināšanai ar pogām, jo asociējas ar citos rīkos pieejamajiem apzīmējumiem.

Rotācijas ieviešanai veiksmīgākā pieeja būtu leņķa ievade, izmantojot peli vai slīdņi (efektivitātes novērtējums 70.73 un 63.18), rotācijas ātrumu nosakot pēc formulas  $V_{rot} = a \cdot \frac{\pi}{180} \cdot k$ , kur  $a$ -rotācijas leņķis,  $k$ -rotācijas ātruma koeficients, katrā kadru nomainas cikla iterācijā. Optimālākā vērtība rotācijas ātruma koeficientam būtu 3, kas atbilst pētījuma dalībnieku vidēji sniegtajam vērtējumam.

Navigācijas plānojums būtu jāveic atbilstoši apgūstamajiem telpiskajiem objektiem, sadalot tos 5 apakškategoriņās:

1) Daudzskaldņi:

Grupa iekļauj tetraedra, kuba, prizmas, paralēlskaldņa un piramīdas atveidojumus.

2) Rotācijas ķermeņi:

Grupa iekļauj lodi, konusu un cilindru.

3) Cilindram apvilktas un ievilkas figūras:

Grupa iekļauj cilindrā ievilktu prizmu, cilindram apvilktu prizmu, cilindram ievilktu lodi, cilindram apvilktu lodi.

4) Konusam apvilktas un ievilkas figūras:

Grupa iekļauj konusam apvilktu cilindru, konusā ievilktu cilindru, konusam apvilktu lodi, konusam apvilktu piramīdu, konusā ievilktu piramīdu.

5) Nošķeltas figūras:

Grupa iekļauj nošķeltu konusu, nošķeltu piramīdu.

Zīmēšanas rīku izvietojumu būtu optimāli veikt rīkjoslā, kas attiecīgi pakārtota zem izvēlņu joslas. Lai gan rīkjoslas izveidošana atsevišķā paletē nodrošina ātrākus reakcijas laikus, skolēniem problemātiski izvēlēties elementa rediģēšanas kontroli. Bez nosaukumiem skolēniem visintuitīvāk šķita plaknes iezīmēšanas, izklājuma izveidošanas un elementa izvēles funkcijas. Respektīvi, rīkjosla būtu jāveido kombinējot funkcionalitātes ar vienkāršiem ikonnu apzīmējumiem, kā arī ikonas un nosaukuma apvienojumiem funkcionalitātēm, kas nav pietiekoši intuitīvas. Šāds risinājums būtu optimālais ieviešanas variants, jo pievienojot tekstus ikonām tiek zaudēts lietotāja reakcijas ātrums funkcionalitātes meklēšanā. Rīkjoslas elementi, kurus iespējams apzīmēt tikai ar ikonu: (a)Izvēlēties elementu, (b)Iezīmēt plakni, (c)Izveidot izklājumu. Rīkjoslas elementi, kurus jāapzīmē ar ikonu un nosaukumu: (a)Rediģēt elementu, (b)Atzīmēt punktu. Šāda pieeja optimizētu reakcijas laiku un precizitāti. Ikonas apzīmējumi nodrošina ātrākus reakcijas laikus (vidēji 6.81s), taču dažas no piedāvātajām funkcionalitātēm nav pietiekami intuitīvas. Ikonas un nosaukuma apvienojums sniedz labāku priekšstatu par pogas funkcijām, taču ievērojami samazina reakcijas ātrumu.

Optimālākais teksta novietojums telpiskā ķermeņa formulu izkārtojumam un lietošanas instrukciju paskaidrojošo tekstu izkārtojumam būtu izvietot to lapas pārklājuma veidā. Abos gadījumos vairāk kā 70% pētījuma dalībnieku norādīja, ka ērtāk tekstuālo informāciju būtu izvietot lapas pārklājuma veidā. Šādi lietotājiem tiktu nodrošināta ērta un pārskatāma piekļuve tekstam, kā arī netiktu ierobežota rīka funkcionalitāte, aizsedzot telpiskā ķermeņa vizualizāciju.

Veiktajā pētījumā tika apstiprināts, ka tehnoloģiju integrācija mācību procesā ir sarežģīta, jo ieviešot jaunu tehnoloģiju, jāreķinās gan ar satura iekļaušanu, gan ar lietotāju datorprasmēm un, tā kā TPACK ietvars ir trīs galveno elementu vienība, kur pedagogija iekļaujas saturā un tehnoloģijai jāatbilst skolotāja vajadzībām, tas nodrošina efektīvu mācību materiālu piegādi. Lita Liviani Taopan veiktajā pētījumā par TPACK ietvara pielietošanu tehnoloģiju ieviešanā valodas apmācību klasē tika apstiprināta ietvara nozīme tehnoloģiju ieviešanā un tās ietekme uz mācību kvalitāti. Pētījumā tika noskaidrots, ka tehnoloģija piedāvā iespējas produktīvākam un saistošākam darbam klasē, kurā tiek piedāvāti jauninājumi, kas ļauj skolotājiem un skolēniem labāk attīstīties. [16] Bakalaura darbā tika apstiprināta pētījumā izmantotā pieeja attiecinot to uz matemātikas mācību priekšmetu. Apgūstot TPACK ietvara daļas pirms programmatūras izstrādes, iespējams

iegūt precīzas vadlīnijas rīka izstrādē, kas varētu tikt pielietotas, veidojot mācību materiālus arī citiem mācību priekšmetiem.

## SECINĀJUMI

Stereometrijas veiksmīga apguve nodrošinātu arī citu STEM nozaru veiksmīgu apguvi, jo telpisko prasmju attīstība tieši ietekmē arī citas STEM nozares. Pietiekamu vizuālo materiālu neesamība ir aktuāla problēma stereometrijas apgūvē un kvalitatīvu un pilnīgu rīku izstrāde veicinātu stereometrijas temata apguvi vidusskolēniem.

Darba laikā tika noskaidroti un izpētīti, programmatūras izstrādes principi, balstoties uz TPACK ietvaru. Salīdzinot TPACK ietvara pieeju ar citiem risinājumiem iespējams secināt, ka TPACK ietvara pielietojums veicinātu stereometrijas apguves rīka pilnīgāku izveidi, kas atbilstu gala lietotāju – skolēnu un skolotāju datorprasmju līmenim un būtu efektīvāk pielietojams kā atbalsts mācību stundās un individuālajā darbā.

Izpētot skolotāju un skolēnu prasmes un iepriekšējo lietotāju pieredzi elektronisko mācību materiālu izmantošanā tika secināts, ka, lai gan esošie rīki iekļauj nepieciešamas funkcionalitātes, tie ir lietotājam sarežģīti un UI risinājums nav pietiekami intuitīvs, lai pielietotu rīku bez iepriekšējām instrukcijām. Esošie risinājumi nav pielāgoti gala lietotāju – skolēnu un skolotāju – vajadzībām, jo pēc pētījumā gūtajiem datiem var secināt, ka esošos risinājumus lieto tie skolotāji, kuri augstu vērtē savas datorprasmes vai ir ieguvuši jau iepriekšēju apmācību konkrētā rīka lietošanā.

Apkopojot kursa darba “Rīka izstrāde un testēšana stereometrijas jēdzienu apgūvei” ietvaros noskaidrotos trūkumus esošajos risinājumos tika veikta risinājuma dizaina izstrāde un A/B testēšana ar skolēniem, lai noskaidrotu optimālākos risinājuma veidus. Balstoties uz pētījuma rezultātiem, iespējams definēt risinājumus programmatūras lietotāja saskarnei. Pēc A/B testu veikšanas tika izstrādātas vadlīnijas un rekomendācijas jauna rīka izveidei. Pētījuma laikā tika secināts, ka funkcionalitāšu novērtējumā skolēni līdzīgi vērtē risinājumus neatkarīgi no datorprasmēm un citu programmatūru lietošanas paradumiem. Piemēram, skolēni visaugstāk novērtēja slīdņa rotācijas veidu (70.73 efektivitātes punkti no 100), neatkarīgi no iepriekšējās pieredzes dažādu dizaina rīku izmantošanā.

Pēc bakalaura darbā veiktā pētījuma turpmākais pētījuma virziens būtu jāvērs uz rīka pirmās versijas izstrādi. Pēc rīka izstrādes jāveic atkārtota testēšana ar gala lietotājiem, lai pārbaudītu, vai nepieciešami vēl tālāki uzlabojumi. Iteratīvi testējot, tiktu izveidota rīka gala versija, kas varētu tikt izmantota gan mācību stundās, gan skolēniem veicot darbu individuāli. Izveidotais rīks jāpublicē tiešsaistē, lai nodrošinātu ērtu piekļuvi gala lietotājiem.

Bakalaura darbā veiktais pētījums apstiprina citus pētījumus par TPACK ietvara izmantošanu mācību procesā [17] [16], papildinot tos ar ieskatu matemātikas mācību priekšmetā. Pētījuma laikā iegūtos rezultātus un metodes būtu iespējams izmantot arī citu elektronisko mācību materiālu izveidē. Pēc pētījumā iegūtajiem rezultātiem iespējams secināt, ka TPACK ietvara pielietošana stereometrijas apguves rīka izstrādē ir piemērota metode, lai nodrošinātu kvalitatīvu un lietotājam atbilstošu programmatūras izstrādi. Šo ietvaru būtu vērts izmantot arī citu mācību materiālu izveidē.

## PATEICĪBAS

Pateicība darba vadītājam Dr.filoz. Jurgim Šķilteram par sniegto atbalstu bakalaura darba izstrādes laikā, kā arī pētniecei Aisha Futura Tüchler par sniegtajām konsultācijām un metodiskajiem ieteikumiem pētnieciskās daļas veikšanā. Pateicība Cēsu Valsts ģimnāzijas par atsaucību un sadarbību pētījuma laikā. Paldies arī Vidzemes novada skolotājiem, kas atvēlēja laiku un piedalījās pētījumā.

## IZMANTOTĀ LITERATŪRA UN AVOTI

- [1] S. Bartušēvica, «Rīka izstrāde un testēšana stereometrijas jēdzienu apguvei,» *Kursa darbs*, 2020.
- [2] J. Wai, D. Lubinski un C. P. Benbow, «Spatial Ability for STEM Domains: Aligning Over 50 Years of Cumulative Psychological Knowledge Solidifies Its Importance,» *Journal of Educational Psychology*, sēj. 101, pp. 817-835, 2009.
- [3] T. T. Wijaya, J. Tang un A. Purnama, «Developing an Interactive Mathematical Learning Media Based on the TPACK Framework Using the Hawgent Dynamic Mathematics Software,» *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering*, sēj. 332, 2020.
- [4] M. Malanchini, k. Rimfeld, N. G. Shakeshaft un et al., «Evidence for a unitary structure of spatial cognition beyond general intelligence.,» *Science of Learning*, sēj. 5, nr. 1, p. 9, 2020.
- [5] «Animated Polyhedron Models,» Math is fun, [Tiešsaiste]. Available: <https://www.mathsisfun.com/geometry/polyhedron-models.html?m=Cube>.
- [6] «GeoGebra,» [Tiešsaiste]. Available: <https://www.geogebra.org/about>.
- [7] «Uzdevumi.lv,» [Tiešsaiste]. Available: <https://www.uzdevumi.lv>.
- [8] D. H. Uttal, . N. G. Meadow, E. Tipton, L. L. Hand, A. R. Alden un . C. Warren, «The Malleability of Spatial Skills: A Meta-Analysis of Training Studies,» *Psychological Bulletin*, pp. 352-354,369-370.
- [9] «Rotating 3D shapes,» Khan Academy , [Tiešsaiste]. Available: <https://www.khanacademy.org/computing/computer-programming/programming-games-visualizations/programming-3d-shapes/a/rotating-3d-shapes>.
- [10] B. Fry un C. Reas, «Processing,» [Tiešsaiste]. Available: <https://processing.org/reference/>.
- [11] «Navigation design basics for Windows apps,» Microsoft, [Tiešsaiste]. Available: <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/uwp/design/basics/navigation-basics>.
- [12] Google, «Material Icons Guide,» [Tiešsaiste]. Available: <https://google.github.io/material-design-icons/>.

- [13] «Layout,» Microsoft, [Tiešsaiste]. Available: <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/win32/uxguide/vis-layout>.
- [14] T. Hurf, «Pop-ups, overlays, modals & insertitials best practises,» 2020. [Tiešsaiste]. Available: <https://www.seerinteractive.com/blog/pop-ups-overlays-modals-interstitials-best-practices/#:~:text=A%20modal%20pop%20Dup%20is,integral%20to%20the%20user%20e,xperience..>
- [15] D. S. Kurt, «TPACK: Technological Pedagogical Content Knowledge Framework,» *Educational Technology*, 2018.
- [16] L. L. Taopan, «TPACK FRAMEWORK: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES IN EFL CLASSROOMS,» *Research and Innovation in Language Learning*, sēj. 3, pp. 1-22, 2020.
- [17] J. Alivi, «A REVIEW OF TPACK AND SAMR MODELS: HOW SHOULD LANGUAGE TEACHERS ADOPT TECHNOLOGY?,» *Journal of English for Academic and Specific Purposes*, 2019.
- [18] L. L. McCarthy, «p5.js,» [Tiešsaiste]. Available: <https://p5js.org/libraries/>.
- [19] «Figma,» [Tiešsaiste]. Available: <https://www.figma.com/design/>.
- [20] A. Andrews, «Material Design Icons,» [Tiešsaiste]. Available: <https://materialdesignicons.com/>.
- [21] Y. Lee, K. A. Kozar un K. R. Larsen, «The Technology Acceptance Model: Past, Present, and Future,» *Communications of the Association for Information Systems*, sēj. 12, nr. 50, 2003.
- [22] B. Weijters, E. Cabooter un N. Schillewaert, «The effect of rating scale format on response styles: The number of response categories and response category labels,» *International Journal of Research in Marketing*, sēj. 27, nr. 3, p. 236–247, 2010.

## PIELIKUMI

### 1. pielikums. Rīka funkcionalitāšu apraksts stereometrijas jēdzienu apgūvei [1]

Stereometrijas jēdzienu saturs		Mērķi	Funkcionalitātes apraksts	
Stereometrijas pamatjēdzieni	Tilpuma vienība	Apgūt tilpuma aprēķināšanas veidus dažādiem telpiskiem ķermeņiem.	Objekta mērogošanas iespējas. Mērvienību maiņa. Pielietojamo formulu definējums konkrētajam objektam.	
	Paralelitāte telpā	Izprast paralēlu taisņu un plakņu novietojumu telpā.	Iespēja iezīmēt objektā paralēlas taisnes un plaknes. Piedāvāta izvēle starp dažādiem objektiem.	
	Perpendikularitāte telpā	Izprast perpendikulāru taisņu un plakņu novietojumu telpā. Aprēķināt perpendikulu, slīpni un slīpnes projekciju.	Iespēja definēt taisnes telpā, piešķirot tām leņķi attiecībā pret citu taisni vai plakni. Iespēja iezīmēt objektā perpendikulāras taisnes un plaknes.	
	Šķērsas taisnes, plaknes	Izprast šķērsu taisņu un plakņu novietojumu telpā.	Iespēja definēt taisnes telpā, piešķirot tām leņķi attiecībā pret citu taisni vai plakni. Iespēja iezīmēt objektā šķērsas taisnes.	
	Leņķis starp krustiskām un šķērsām taisnēm	Apgūt krustisku un šķērsu taisņu īpašības.	Iespēja definēt taisnes telpā, piešķirot tām leņķi attiecībā pret citu taisni vai plakni. Iespēja pārvietot šķērsas taisnes objektā, veidojot paralēlo projekciju.	
	Vektori telpā	Atpazīt kolineārus, vienādus, pretējus vektorus. Izpildīt darbības ar vektoriem gan zīmējot koordinātu plaknē, gan aprēķinot.	Iespēja attēlot objektā dažādi vektorus, kolineārus, vienādus un pretējus vektorus. Attēlot objektā vektoru summu, starpību, reizinājumu ar skaitli.	
Figūru attēlošana un šķēlumu konstruēšana	Daudzskaldņi	Tetraedrs	Atpazīst tetraedru. Apgūt tetraedra tilpuma un pilnas virsmas laukuma aprēķināšanu. Konstruēt tetraedra izklājumu.	Attēlot tetraedra izklājumu, aprēķina formulas. Iespēja rotēt un mērogot objektu.
		Kubs	Atpazīst kubu. Aprēķināt kuba elementus – leņķus, diagonāles. Konstruēt un aprēķināt šķēluma	Attēlot kuba izklājumu, aprēķina formulas. Iespēja rotēt un mērogot objektu. Iespēja definēt punktus objektā

		laukumus. Apgūt kuba tilpuma un pilnas virsmas laukuma aprēķināšanu. Konstruēt kuba izklājumu.	un pagarināt kuba šķautnes, kā arī patvaļīgi definētas taisnes, kas vilktas caur ievietotajiem punktiem. Iekrāsot izveidoto šķēlumu. Kuba elementu attēlošanas iespējas.
	Prizma	Atpazīst prizmu. Apgūt prizmas tilpuma un pilnas virsmas laukuma aprēķināšanu. Konstruēt prizmas izklājumu.	Attēlot prizmas izklājumu, aprēķina formulas. Iespēja rotēt un mērogot objektu. Prizmas elementu attēlošanas iespējas.
	Paralēlskaldnis	Atpazīst paralēlskaldni. Aprēķināt paralēlskaldņa elementus – leņķus, diagonāles. Konstruēt un aprēķināt šķēluma laukumus. Apgūt paralēlskaldņa tilpuma un pilnas virsmas laukuma aprēķināšanu. Konstruēt paralēlskaldņa izklājumu.	Attēlot paralēlskaldņa izklājumu, aprēķina formulas. Iespēja rotēt un mērogot objektu. Iespēja definēt punktus objektā un pagarināt paralēlskaldņa šķautnes, kā arī patvaļīgi definētas taisnes, kas vilktas caur ievietotajiem punktiem. Iekrāsot izveidoto šķēlumu. Paralēlskaldņa elementu attēlošanas iespējas.
	Piramīda	Atpazīst piramīdu. Apgūt piramīdas tilpuma un pilnas virsmas laukuma aprēķināšanu. Konstruēt un aprēķināt šķēluma laukumus. Konstruēt piramīdas izklājumu.	Attēlot piramīdas izklājumu, aprēķina formulas. Iespēja rotēt un mērogot objektu. Iespēja definēt punktus objektā un pagarināt piramīdas šķautnes, kā arī patvaļīgi definētas taisnes, kas vilktas caur ievietotajiem punktiem. Iekrāsot izveidoto šķēlumu. Piramīdas elementu attēlošanas iespējas.
	Cilindrs	Atpazīst cilindru un tā aksiālšķēlumu. Apgūt cilindra tilpuma un pilnas virsmas laukuma aprēķināšanu. Konstruēt cilindra izklājumu.	Attēlot cilindra izklājumu, aprēķina formulas. Iespēja rotēt un mērogot objektu. Cilindra elementu attēlošanas iespējas.
	Konuss	Atpazīst konusu un tā aksiālšķēlumu. Apgūt konusa tilpuma un pilnas virsmas laukuma aprēķināšanu. Konstruēt konusa izklājumu.	Attēlot konusa izklājumu, aprēķina formulas. Iespēja rotēt un mērogot objektu. Konusa elementu attēlošanas iespējas.

Telpisku objektu attēlošana zīmējuma plaknē	Nošķeltas figūras	Lode	Atpazīst lodi, lodes daļas un tās aksiālšķēlumu. Apgūt lodes tilpuma un virsmas laukuma aprēķināšanu.	Attēlot lodes aprēķina formulas. Iespēja rotēt un mērogot objektu. Lodes elementu attēlošanas iespējas. Iespēja sadalīt lodi segmentos un sektoros.	
		Nošķelta piramīda	Atpazīst nošķeltu piramīdu. Apgūt nošķeltas piramīdas tilpuma un pilnas virsmas laukuma aprēķināšanu.	Attēlot nošķeltas piramīdas aprēķina formulas. Iespēja rotēt un mērogot objektu. Nošķeltas piramīdas elementu attēlošanas iespējas.	
		Nošķelts konuss	Atpazīst nošķeltu konusu un tā aksiālšķēlumu. Apgūt nošķelta konusa tilpuma un pilnas virsmas laukuma aprēķināšanu. Konstruēt nošķelta konusa izklājumu.	Attēlot nošķelta konusa izklājumu, aprēķina formulas. Iespēja rotēt un mērogot objektu. Nošķelta konusa elementu attēlošanas iespējas	
	Ģeometrisku ķermeņu kombinācijas	Projekcijas		Atpazīst paralēlo un centrālo projekciju. Prot attēlot līnijas un virsmas paralēlajā projekcijā.	Konstruēt paralēlo projekciju ar mērogošanas iespējām.
		Cilindrs un prizma	Atpazīst cilindra un prizmas kombināciju. Prot noteikt, vai kombinācija ir iespējama. Aprēķina doto ķermeņu elementus, laukumus, tilpumus.	Attēlot cilindra un prizmas kombināciju, laukuma, tilpuma formulas katram objektam.	
		Cilindrs un konuss	Atpazīst cilindra un konusa kombināciju. Prot noteikt, vai kombinācija ir iespējama. Aprēķina doto ķermeņu elementus, laukumus, tilpumus.	Attēlot cilindra un konusa kombināciju, laukuma, tilpuma formulas katram objektam. Iespēja attēlot skatu no augšas vai aksiālšķēlumu.	
		Konuss un piramīda	Atpazīst konusa un piramīdas kombināciju. Prot noteikt, vai kombinācija ir iespējama. Aprēķina doto ķermeņu elementus, laukumus, tilpumus.	Attēlot konusa un piramīdas kombināciju, laukuma, tilpuma formulas katram objektam. Iespēja attēlot skatu no augšas vai aksiālšķēlumu.	
Nošķelts konuss un nošķelta piramīda	Atpazīst nošķelta konusa un nošķeltas piramīdas kombināciju. Prot noteikt, vai kombinācija ir iespējama.	Attēlot nošķelta konusa un nošķeltas piramīdas kombināciju, laukuma, tilpuma formulas katram objektam. Iespēja attēlot skatu no augšas vai aksiālšķēlumu.			

		Aprēķina doto ķermeņu elementus, laukumus, tilpumus.	
	Lode un prizma	Atpazīst lodes un prizmas kombināciju. Prot noteikt, vai kombinācija ir iespējama. Aprēķina doto ķermeņu elementus, laukumus, tilpumus.	Attēlot lodes un prizmas kombināciju, laukuma, tilpuma formulas katram objektam. Iespēja attēlot skatu no augšas vai aksiālšķēlumu.
	Lode un piramīda	Atpazīst lodes un piramīdas kombināciju. Prot noteikt, vai kombinācija ir iespējama. Aprēķina doto ķermeņu elementus, laukumus, tilpumus.	Attēlot lodes un piramīdas kombināciju, laukuma, tilpuma formulas katram objektam. Iespēja attēlot skatu no augšas vai aksiālšķēlumu.
	Lode un cilindrs	Atpazīst lodes un cilindra kombināciju. Prot noteikt, vai kombinācija ir iespējama. Aprēķina doto ķermeņu elementus, laukumus, tilpumus.	Attēlot lodes un cilindra kombināciju, laukuma, tilpuma formulas katram objektam. Iespēja attēlot skatu no augšas vai aksiālšķēlumu.
	Lode un konuss	Atpazīst lodes un konusa kombināciju. Prot noteikt, vai kombinācija ir iespējama. Aprēķina doto ķermeņu elementus, laukumus, tilpumus.	Attēlot lodes un konusakombināciju, laukuma, tilpuma formulas katram objektam. Iespēja attēlot skatu no augšas vai aksiālšķēlumu.
	Lode un nošķelts konuss	Atpazīst lodes un nošķelta konusa kombināciju. Prot noteikt, vai kombinācija ir iespējama. Aprēķina doto ķermeņu elementus, laukumus, tilpumus.	Attēlot lodes un nošķelta konusa kombināciju, laukuma, tilpuma formulas katram objektam. Iespēja attēlot skatu no augšas vai aksiālšķēlumu.

## 2. pielikums. Rotācijas veidu kods

```
/*Rotācija ar slīdņiem*/  
var code="";  
var positionX=0;  
var positionY=0;  
var val=1;  
function alertMsg(){  
    alert("Pagriez kubu, izmantojot slīdņus! Izmēģini dažādus rotācijas ātrumus, mainot  
    skaitli izkrītošajā izvēlē. Pēc izmēģinājuma, iegūsim ērtāko ātruma skaitli, dodies  
    atpakaļ uz anketu un novērtē pietuvināšanas veidu");  
}  
function setup() {  
    createCanvas(windowWidth, windowHeight, WEBGL);  
    slider = createSlider(0, 360, 0);  
    slider.position(windowWidth/2, 100);  
    slider.style('width', '360px');  
    slider2 = createSlider(0, 360, 0);  
    slider2.position(windowWidth-200, windowHeight/2);  
    slider2.style("width", "360px");  
    slider2.style("transform", "rotate(-90deg)");  
    button = createButton('Instrukcija');  
    button.position(0, 0);  
    button.mousePressed(alertMsg);  
    sel = createSelect();  
    sel.size(50, AUTO);  
    sel.position(10, 50);  
    sel.option(1);  
    sel.option(2);  
    sel.option(3);  
    sel.option(4);
```

```

sel.option(5);
sel.option(6);
sel.option(7);
sel.option(8);
sel.option(9);
sel.option(10);
sel.changed(mySelectEvent);
}
function mySelectEvent() {
    val = sel.value();
}
function draw() {
    background(255,255,255);
    cube(250,0,code);
}
function cube(size,color,keyCode) {
    noFill();
    stroke(color);
    positionY=slider.value()*(PI/180)*(val);
    positionX=slider2.value()*(PI/180)*(val);
    rotateX(positionX);
    rotateY(positionY);
    box(size,size,size);
}

```

```

/*Rorācija ar tastatūras bultiņām*/
var code="";
var positionX=0;
var positionY=0;
var val=1;
function alertMsg(){

```

```

    alert("Pagriez kubu, tastatūras bultiņas! Izmēģini dažādus rotācijas ātrumus, mainot
skaitli izkrītošajā izvēlē. Pēc izmēģinājuma, iegaumē ērtāko ātruma skaitli, dodies
atpakaļ uz anketu un novērtē pietuvināšanas veidu");
}
function setup() {
  createCanvas(windowWidth, windowHeight, WEBGL);
  button = createButton('Instrukcija');
  button.position(0, 0);
  button.mousePressed(alertMsg);
  sel = createSelect();
  sel.size(50, AUTO);
  sel.position(10, 50);
  sel.option(1);
  sel.option(2);
  sel.option(3);
  sel.option(4);
  sel.option(5);
  sel.option(6);
  sel.option(7);
  sel.option(8);
  sel.option(9);
  sel.option(10);
  sel.changed(mySelectEvent);
}
function mySelectEvent() {
  val = sel.value();
}
function draw() {
  background(255,255,255);
  cube(250,0,code);
}
function cube(size,color,keyCode) {
  noFill();
  stroke(color);
  if (keyCode == "LEFT_ARROW") {
    positionY=-frameCount /2 *(PI/180)*(val);
  } else if (keyCode == "RIGHT_ARROW") {
    positionY=frameCount/2 *(PI/180)*(val);
  } else if (keyCode == "UP_ARROW") {
    positionX=frameCount /2 *(PI/180)*(val);
  } else if (keyCode == "DOWN_ARROW") {
    positionX=-frameCount /2 *(PI/180)*(val);
  }
  rotateX(positionX);
  rotateY(positionY);
  box(size,size,size);
}

```

```

}
function keyReleased() {
code="";
return false; // prevent any default behavior
}
function keyPressed(){
if (keyCode == LEFT_ARROW) {
code="LEFT_ARROW";
} else if (keyCode == RIGHT_ARROW) {
code="RIGHT_ARROW";
} else if (keyCode == UP_ARROW) {
code="UP_ARROW";
} else if (keyCode == DOWN_ARROW) {
code="DOWN_ARROW";
}
}
}

```

```

/*Rorācija ar peli*/
var code="";
var positionX=0.01;
var positionY=0.01;
var val=1;
function alertMsg(){
alert("Pagriez kubu, izmantojot peli! Turot peles labo pogu, kustini to vēlamajā
rotācijas virzienā. Izmēģini dažādus rotācijas ārtumus, mainot skaitli izkrītošajā
izvēlē. Pēc izmēģinājuma, iegaumē ērtāko ārtuma skaitli, dodies atpakaļ uz anketu un
novērtē pietuvināšanas veidu");
}
function setup() {
createCanvas(windowWidth, windowHeight, WEBGL);
button = createButton('Instrukcija');
button.position(0, 0);
button.mousePressed(alertMsg);
sel = createSelect();
sel.size(50, AUTO);
sel.position(10, 50);

sel.option(1);
sel.option(2);
sel.option(3);
sel.option(4);
sel.option(5);
sel.option(6);
sel.option(7);
sel.option(8);
sel.option(9);
sel.option(10);

```

```
sel.changed(mySelectEvent);
}
function mySelectEvent() {
  val = sel.value();
}
function draw() {
  background(255,255,255);
  cube(250,0,code);
}
function cube(size,color,keyCode) {
  noFill();
  //small box
  stroke(color);
  if (mouseIsPressed) {
    if (mouseButton === RIGHT) {

      positionX=(mouseX)*(PI/180)*(val);
      positionY=(mouseY)*(PI/180)*(val);
      rotateX(-positionY);
      rotateY(positionX);
    }
  }else{
    rotateX(-positionY);
    rotateY(positionX);
  }
  box(size,size,size);
}
```

### 3. pielikums **Mērogošanas veidu kods**

```
/*Pietuvināšana, izmantojot peles ritenīti*/
var val=10;
function alertMsg(){
  alert("Pietuvini, izmantojot peles ritenīti! Pēc izmēģinājuma, dodies atpakaļ uz
anketu un novērtē pietuvināšanas veidu");
}
function setup() {
  createCanvas(windowWidth, windowHeight, WEBGL);

  button = createButton('Instrukcija');
  button.position(0, 0);
  button.mousePressed(alertMsg);
}
function draw() {
  background(255,255,255);

  scale(val*0.1);
  cube(50,0);
}
function cube(size,color) {
  noFill();
  //small box
  stroke(color);
  box(size,size,size);
}
function mouseWheel(event) {
  if(val-event.delta*0.01<100 && val-event.delta*0.01>10){
    val += -event.delta*0.01;}
}
```

```
/*Pietuvināšana, izmantojot tastatūras [+] un [-]*/
var val=10;
function alertMsg(){
  alert("Pietuvini, izmantojot tastatūras pogas [+] un [-]! Pēc izmēģinājuma, dodies
atpakaļ uz anketu un novērtē pietuvināšanas veidu");
}
function setup() {
  createCanvas(windowWidth, windowHeight, WEBGL);
  button = createButton('Instrukcija');
  button.position(0, 0);
  button.mousePressed(alertMsg);
}

function draw() {
  background(255,255,255);
```

```

if (keyIsDown(107)||keyIsDown(187)) {
if (val<100){
  val++;}
}

if (keyIsDown(109) || keyIsDown(189)) {
  if (val>10){
    val--;
  }
}
scale(val*0.1);
cube(50,0);
}
function cube(size,color) {
  noFill();
  //small box
  stroke(color);
  box(size,size,size);
}

```

```

/*Pietuvināšana, izmantojot slīdni*/
var val=1;
function alertMsg(){
  alert("Pietuvini, izmantojot slīdni! Pēc izmēģinājuma, dodies atpakaļ uz anketu un
novērtē pietuvināšanas veidu");
}
function setup() {
  createCanvas(windowWidth, windowHeight, WEBGL);
  slider = createSlider(1, 10, 1);
  slider.position(10, windowHeight/2);
  slider.style("transform", "rotate(-90deg)");
  slider.style('width', '200px');
  button = createButton('Instrukcija');
  button.position(0, 0);
  button.mousePressed(alertMsg);
}
function draw() {
  background(255,255,255);
  var val = slider.value();
  scale(val);
  cube(50,0);
}
function cube(size,color) {
  noFill();
  stroke(color);
  box(size,size,size);
}

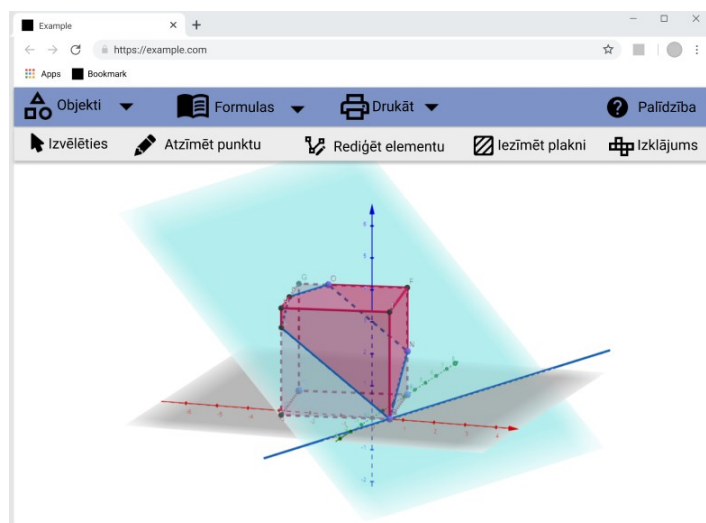
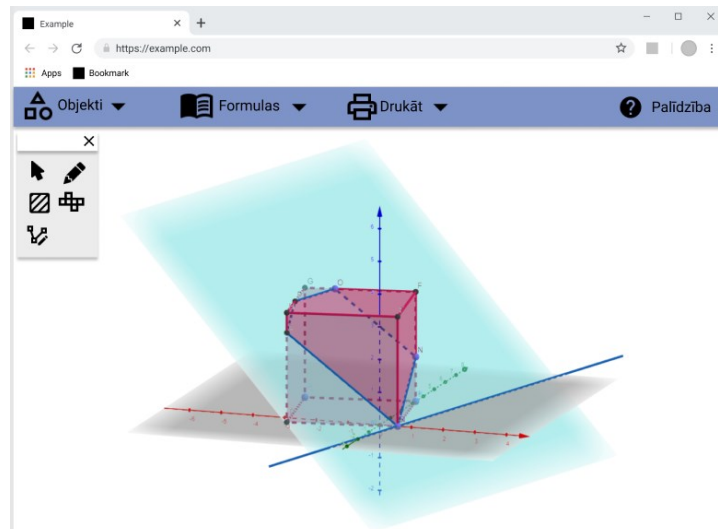
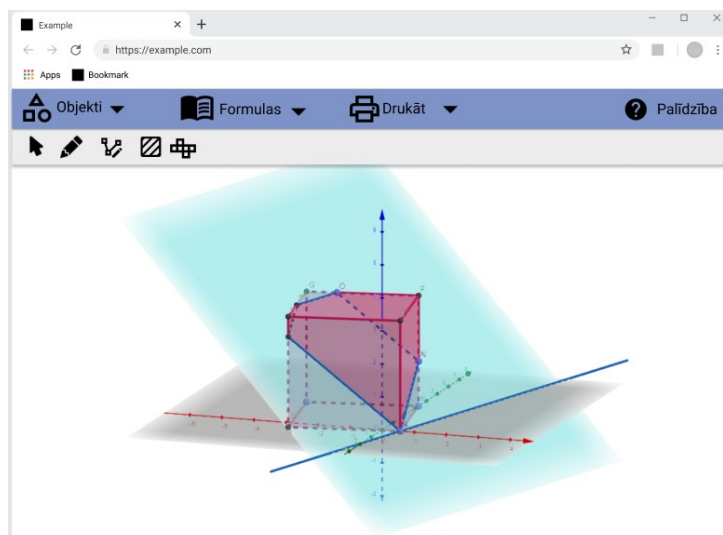
```

```

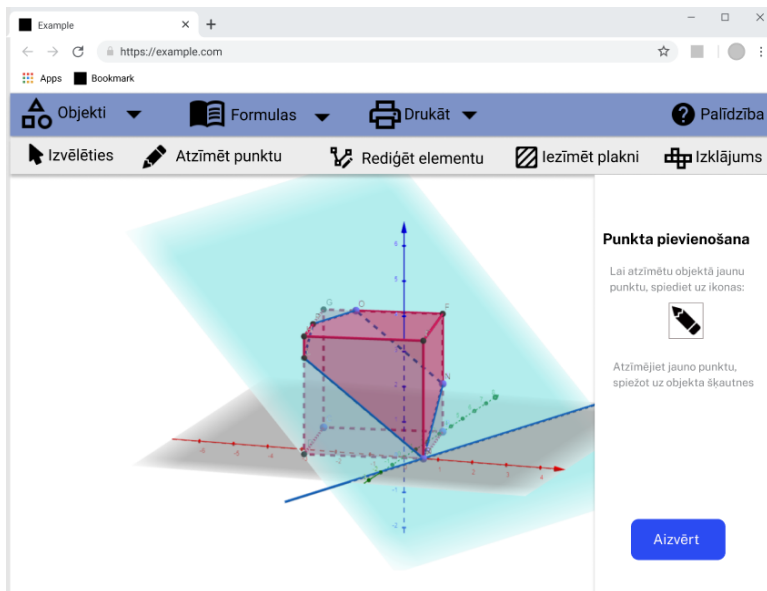
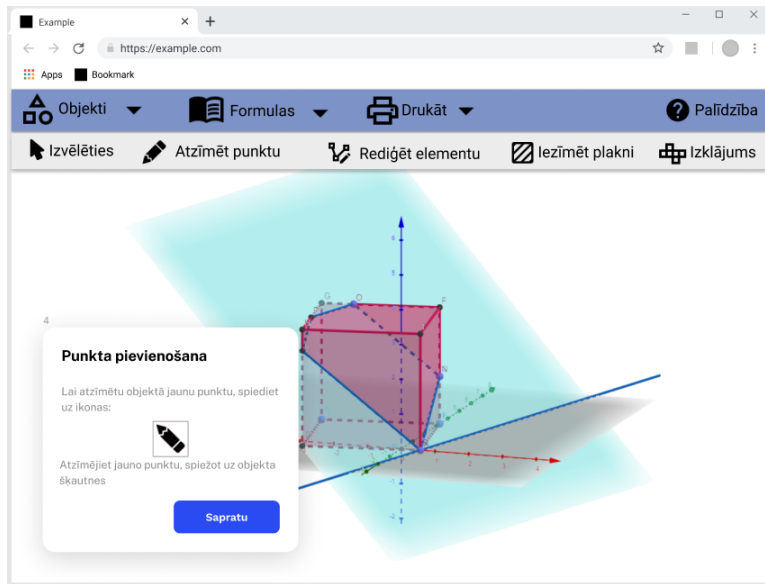
}
/*Pietuvināšana, izmantojot izkrītošo izvēli*/
var val=1;
function alertMsg(){
  alert("Pietuvini, izmantojot izkrītošo izvēli! Pēc izmēģinājuma, dodies atpakaļ uz
anketu un novērtē pietuvināšanas veidu");
}
function setup() {
  createCanvas(windowWidth, windowHeight, WEBGL);
  button = createButton('Instrukcija');
  button.position(0, 0);
  button.mousePressed(alertMsg);
  sel = createSelect();
  sel.size(50, AUTO);
  sel.position(10, 50);
  sel.option(1);
  sel.option(2);
  sel.option(3);
  sel.option(4);
  sel.option(5);
  sel.option(6);
  sel.option(7);
  sel.option(8);
  sel.option(9);
  sel.option(10);
  sel.changed(mySelectEvent);
}
function mySelectEvent() {
  val = sel.value();
}
function draw() {
  background(255,255,255);
  //var val = slider.value();
  // background(val);
  scale(val);
  cube(50,0);
}
function cube(size,color) {
  noFill();
  //small box
  stroke(color);
  box(size,size,size);
}

```

#### 4. pielikums Rīkjoslas izklājuma dizaina piemēri



## 5. pielikums Tekstuālās informācijas dizaina piemēri



Example x +  
https://example.com

Objekti Formulas Drukāt Palīdzība

Izvēlēties Atzīmēt punktu Rediģēt elementu Iezīmēt plakni Izklājums

5

**Laukuma formulas**

$S_{\text{kuba sānu virsma}} = 4a^2$   
(jo kuba sānu virsma sastāv no 4 vienādiem kvadrātiem).

$S_{\text{pirma virsma}} = 6a^2$   
(jo pamatos ir 2 vienādi kvadrāti, tātad kopā ir 6 kvadrāti).

Saprātu

Light/molecule/tab fu... ... F... cl...

Example x +  
https://example.com

Objekti Formulas Drukāt Palīdzība

Izvēlēties Atzīmēt punktu Rediģēt elementu Iezīmēt plakni Izklājums

**Laukuma formulas**

$S_{\text{kuba sānu virsma}} = 4a^2$   
(jo kuba sānu virsma sastāv no 4 vienādiem kvadrātiem).

$S_{\text{pirma virsma}} = 6a^2$   
(jo pamatos ir 2 vienādi kvadrāti, tātad kopā ir 6 kvadrāti).

Aizvērt

6. pielikums **Pētījuma pirmās daļas jautājumi**

**1. Novērtējiet sekojošos mācību materiālus un resursus stereometrijas apgūvē:**

- IZM apstiprinātās mācību grāmatas
- Citas mācību grāmatas
- Elektroniski teorētiskie materiāli (piem., Uzdevumi.lv, Wikipedia, Soma.lv u.c.)
- Telpisko ķermeņu modeļi (piem., figūras no kociņiem, plastmasas u.c.)
- Elektroniski uzskates materiāli (piem., Geogebra, MathIsFun u.c.)
- Telpisku ķermeņu atveidošana uz tāfeles vai papīra
- Video materiāli

**2. Ja izmantojiet vēl kādus papildus mācību materiālus un resursus, tad uzskaitiet tos:**  
Atvērtā atbilde

**3. Novērtējiet sekojošos mācību metodes un darba formas stereometrijas apgūvē:**

- Stāstījums/izklāsts mācību stundās
- Diskusija mācību stundās
- Individuālais darbs
- Darbs grupās
- Telpisku objektu veidošana
- Sadzīves uzdevumu risināšana
- Paškontroles testi
- Mājas darbi
- Projektu darbs
- Noslēguma pārbaudes darbi

**4. Ja izmantojiet vēl kādas papildus mācību metodes un darba formas, tad uzskaitiet tās:**

Atvērtā atbilde

**5. Cik apmierināti Jūs esat ar attālināto mācību kvalitāti, mācot skolēniem stereometrijas tematu?**

Ļoti apmierināts/neapmierināts (Nepārtrauktā skala)

**6. Ar kādām grūtībām esat saskārušies stereometrijas mācīšanā attālināti?**

Atvērtā atbilde

**7. Ar kādām grūtībām esat saskārušies stereometrijas mācīšanā klātienē?**

Atvērtā atbilde

**8. Kādus elektroniskos atbalsta rīkus izmantojat mācību stundās?**

- Geogebra
- Uzdevumi.lv
- MathIsFun
- Citi

**9. Cik lietderīgi, Jūsaprāt, ir izmantot digitālās tehnoloģijas mācību nolūkos?**

Ļoti nelietderīgi/ļoti lietderīgi (Nepārtrauktā skala)

**10. Cik prasmīgi brīvajā laikā izmantojat digitālās tehnoloģijas?**

Ļoti neprasmīgi/ļoti prasmīgi (Nepārtrauktā skala)

**11. Kādu vecumposmu grupām esat pasniedzis/usi vai šobrīd pasniedzat matemātiku?**

- 1.klase
- 2.klase
- 3.klase
- 4.klase
- 5.klase
- 6.klase
- 7.klase
- 8.klase
- 9.klase
- 10.klase
- 11.klase
- 12.klase
- Studenti

**12. Demogrāfiskie jautājumi**

Bakalaura darbs “Stereometrijas apguves programmatūras izstrāde pēc TPACK ietvara ”  
izstrādāts LU Datorikas fakultātē.

Ar savu parakstu apliecinu, ka pētījums veikts patstāvīgi, izmantoti tikai tajā norādītie  
informācijas avoti.

Autors: \_\_\_\_\_ Santa Bartušēvica 31.05.2021.

Rekomendēju darbu aizstāvēšanai

Vadītājs: profesors, Dr. filoz. Jurgis Šķilters \_\_\_\_\_ 31.05.2021.

Recenzents: docents, Dr.sc.comp. Viesturs Vēzis

Darbs iesniegts Datorikas fakultātē 31.05.2021.

Dekāna pilnvarotā persona: vecākā metodiķe Ārija Sproģe

Darbs aizstāvēts bakalaura gala pārbaudījuma komisijas sēdē

\_\_\_.06.2021. prot. Nr. \_\_\_\_.

Komisijas sekretārs: M.Dmitrijevs