

LATVIJAS UNIVERSITĀTE

DATORIKAS FAKULTĀTE

**DIGITĀLA VIZUĀLO SPĒJU TESTĒŠANAS RĪKA IZSTRĀDE  
UN EKSPERIMENTĀLA ANALĪZE KLĪNISKU UN IKDIENAS  
POPULĀCIJU GADĪJUMĀ**

BAKALaura DARBS

Autors: **Dmitrijs Voronovs**

Studenta apliecības Nr.: dv18034

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

RĪGA 2022

## ANOTĀCIJA

Mūsdienās neurodeģeneratīvo slimību ārstēšanas ir efektīva tad, ja slimības pazīmes tika atrastas agrīnā stadijā. Bakalaura darba ietvaros autors izstrādā kognitīvo traucējumu noteikšanas rīku, kas varētu palīdzēt cilvēkiem ātrāk identificēt simptomus.

Darbā tika paveikts literatūras pārskats, kursa darba izstrādāta digitāla mentālas rotācijas prototipa apraksts, analīze un pilnveidošana līdz minimāla darbaspējīga produkta stāvoklim. Tiek detalizēti aprakstīts kognitīvo traucējumu noteikšanas rīka izstrādes process, darba organizācija, pielietotas tehnoloģijas, plānošana, lietotnes palaišana un testēšana.

Rīka testēšana piedalījās vairāk par 50 cilvēkiem, kuri pirmajā posmā pārbaudīja trīs dinamiski saģenerētas mentālas rotācijas testa versijas. Dati tika analizēti, lai izvēlētos vieglāku testu un padotu to tālākai testēšanai klīniskai grupai ar neurodeģeneratīviem trūkumiem.

Atslēgvārdi: **mentālas rotācijas tests, PSVT:R, kognitīvo traucējumu noteikšana, digitālie diagnostikas rīki, emocijas, medicīniskā skaitļošana.**

## **ABSTRACT**

### **DEVELOPMENT AND EXPERIMENTAL ANALYSIS OF A DIGITAL VISUAL ABILITY TESTING TOOL FOR CLINICAL AND EVERYDAY POPULATIONS**

Nowadays, the treatment of neurodegenerative diseases is effective if the signs of the disease were found at an early stage. The author develops a cognitive impairment tool that could potentially help people identify symptoms and act quickly.

The literature review, description, analysis and improvement of the digital mental rotation prototype developed in the course paper to the state of a minimum viable product was performed. The development process of the cognitive impairment tool, work organization, applied technologies, planning, application launch and testing are described in detail.

In the first phase, the tool was tested by more than 50 people on three dynamically generated versions of the mental rotation test. Data was analyzed to select the easiest test and conduct further testing of a clinical group with neurodegenerative deficiencies.

**Keywords: mental rotation test, PSVT: R, detection of cognitive impairment, digital diagnostic tools, emotions, medical computing.**

# SATURS

Anotācija.....	2
Abstract.....	3
Saturs .....	4
Apzīmējumu saraksts.....	7
Ievads.....	8
1 Teorijas apskats .....	10
1.1 Mentālas rotācijas testēšana.....	10
1.1.1 mentālas rotācijas jēdziens .....	10
1.1.2 Mentālas rotācijas testi (ne PSVT).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.1.3 PSVT - vispopulārākais tests. To variācijas.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.1.4 PSVT:R un testa uzdevumu sakārtojums pēc grūtības pakāpi .....	10
1.1.5 Faktori, kas ietekmē uz testa grūtību.....	11
1.2 Klīniskā diagnostiskā neiroloģiskā pētniecība.....	11
1.2.1 Neurodeģeneratīvas slimības. ....	11
1.2.2 Pētījumi par mentālas rotācijas saistību ar slimībām .....	12
1.3 Risinājuma alternatīvas.....	12
1.3.1 VR, papīra, vāji digitalizēti testi.....	12
1.3.2 Kurša darba prototips .....	12
2 Mentālas rotācijas prototipa apskats.....	13
2.1 Sākotnēja ideja .....	13
2.2 Risinājuma detaļas .....	13
2.2.1 Lietotāju skati.....	13
2.2.2 Dinamiskais objektu ģenerēšanas algoritms un to parametri .....	15
2.3 Aptaujas jaunu sakaru izpētei .....	20
2.3.1 Ženēvas emociju aplis .....	21

2.3.2	Pacienta veselības aptauja – depresijas tests (PHQ-9) .....	21
3	Minimāla darbaspējīgais produkta izveidošana / Digitāla vizuālo spēju rīka izstrāde.....	22
3.1	Prototipa idejas attīstība un esošās versijas pilnveidošana .....	22
3.1.1	No dinamiskas ģenerēšanas uz iepriekš ģenerējamiem testiem .....	22
3.1.2	Rezultātu savākšana .....	22
3.1.3	Testa statistiska ticamība.....	22
3.1.4	Testa izpildamība .....	23
3.1.5	Testu variācijas.....	23
3.1.6	Mācīšanas efekta izvairīšanās .....	24
3.1.7	Kopējas testēšanas izpildes secība .....	25
3.1.8	Paslēpti testa rezultāti.....	25
3.2	Risinājuma pilnveidošana .....	25
3.2.1	Lietotāju lomas un hierarhija.....	25
3.2.2	Datu plūsmas diagramma sistēmas līmenī .....	26
3.2.3	Lietotnes moduļi.....	28
3.2.4	Skatu plūsmas diagramma.....	30
3.2.5	Saskarnes dizains un funkcionalitāte.....	32
3.3	Darba organizācija .....	52
3.3.1	Komanda .....	52
3.3.2	Komunikācija ar komandu .....	52
3.3.3	Izstrādes procesa organizācija.....	53
3.4	Tehnoloģijas.....	55
3.4.1	Projektā pielietotas tehnoloģijas un programmēšanas valodas - aspakts .....	55
3.4.2	Vietnes mitināšanas sistēma.....	55
3.4.3	Datu bāzes izvēle.....	55
3.4.4	Pieteikšanas servisi un to konfigurācijas.....	57

3.5	Izstrādes process .....	58
3.5.1	Iterācijas .....	58
3.5.2	Datu modeļa izveide.....	61
3.5.3	Datu sagatavošana analīzei.....	62
3.6	Programmēšanas paņēmieni projekta ietvaros.....	62
3.6.1	Mentālas rotācijas testa uzdevumu ģenerēšanas modulis .....	62
3.6.2	Mehānisms lietotāju sadalīšanai pa grupām.....	63
3.6.3	Mentālas rotācijas testu pieejamības un precizitātes nodrošināšana .....	63
3.6.4	Daudzvalodu atbalsts.....	64
3.6.5	OOP un procesuālā programmēšana lietotnes izveidē .....	64
3.6.6	Deklaratīva React un imperatīva Babylon.js kombinācija .....	64
3.6.7	Tipizācija ar Typescript.....	65
4	Lietotnes palaišana un Eksperimentāla analīze ? .....	66
4.1	Palaišanas process un eksperimenta organizācija .....	66
4.2	Rezultātu apkope un analīze .....	66
4.2.1	Testu statistiska ticamība .....	66
4.2.2	Trīs kontrolgrupu datu savstarpējais salīdzinājums .....	68
4.2.3	Testa izvēle otram eksperimenta etepam .....	68
4.2.4	Klīniskas grupas testu ticamība, salīdzinājumā ar kontroles grupu .....	69
4.2.5	Klīnisko un kontrolgrupu salīdzinājumi.....	69
4.2.6	Aptaujas datu saistība ar testa izpildes rezultātiem.....	74
5	Rezultāti.....	76
6	Secinājumi .....	77
6.1	Darba turpinājums.....	77
7	Izmantotā literatūra.....	79
8	Pielikumi.....	82

## APZĪMĒJUMU SARAKSTS

PSVT:R (Ang.: *Purdue spatial visualization tests: visualization of rotations*) – oriģinālais mentālas rotācijas tests, kas ļauj notestēt vizuāli telpiskas prasmes.

Revised PSVT:R (Ang.: *The revised Purdue spatial visualization tests: visualization of rotations*) – pārskatīts PSVT:R, uzlabots tests [1]

Alcheimera slimība (AD) – centrālu nervu sistēmu deģeneratīva slimība, biežāk sastopama vecākiem cilvēkiem.

Hantingtona slimība (HD) – centrālas nervu sistēmas traucējumi ģenētiskie

STEM (Ang.: *science, technology, engineering and mathematics*) – zinātnes, tehnoloģijas, inženierzinātnes un matemātikas jomas.

Prototips – produkta agrīns paraugs, modelis

HTML – tīmekļa iezīmēšanas programmēšanas valoda

CSS – tīmekļa stila valoda

JavaScript – tīmekļa loģikas programmēšanas valoda, viena no globālā tīmekļa galvenajām tehnoloģijām

TypeScript – tipizēts JavaScript

React – bezmaksas un atvērta koda priekšgala JavaScript bibliotēka lietotāja interfeisu veidošanai

Redux – Redux ir atvērta pirmkoda JavaScript bibliotēka lietojumprogrammu stāvokļa pārvaldībai un centralizēšanai

Firebase – platforma mobilo un tīmekļa lietojumprogrammu izveidei

## IEVADS

Digitālie kognitīvo traucējumu noteikšanas rīki palīdz cilvēkiem ātrāk un ērtāk diagnosticēt noteikta tipa slimības. Tas ir būtisks cilvēkiem, lai savlaicīgi veiktu preventīvus medicīniskus pasākumus, tādējādi efektīvāk agrīni ārstējot neurodeģeneratīvas slimības. Tas samazinātu slodzi uz ārstiem ilgtermiņa perspektīva un palielinātu veiksmīgas ārstēšanās iespējas

Pagaidām nav noteikts veids efektīvai neurodeģeneratīvas slimības ārstēšanai [2], turklāt, terapija vēlīnās AD stadijās ir neefektīva, visticamāk, masveida neironu nāves dēļ, kas notiek pirms demences simptomiem., un otrādi detalizēta klīnisko datu stratificētā analīze atklāj daudzsološus rezultātus AD pacientu ārstēšanā ar agrākām, vieglām slimības stadijām. Tāpēc ir būtiski spēt rīkoties ātri.

Papildus, jau eksistējošas tehnoloģijas prasa laika ieguldījumu no ārsta un materiālo ieguldījumu no pacienta. Ir speciāli jādiagnosticējas, lai saprastu, ir slimība vai tas nav. Arī, ja parādījās kādi signāli, ka ir jāiet testēties, tas jau nozīmē, ka slimība atrodas progresīvajā stāvoklī. Pretstatā tam, tests vienlaikus piedāvā iespēju gan patrenēt mentālas rotācijas spējas (kam ir korelācijas ar STEM priekšmetiem [3]), gan saprast, vai ir jāvērsas pie ārsta ar potenciālo neurodeģeneratīvo slimību.

Lai izpētītu iespēju pielietot digitālus rīkus neurodeģeneratīvas slimībās diagnostikā. Lai automatizētu un digitalizētu eksistējošos rīkus, lai tos uzlabotu un paplašinātu pielietošanas iespējas, kā arī lai noskaidrotu pirms tam neizpētītas saites starp ikdienas emocijām, depresijas stāvokli un mentālas rotācijas spējam.

Lai turpmākā testēšanā ņemt vērā vairākus faktorus, kas varētu ietekmēt rezultātus. Lai saprastu, kādas emocijas un depresijas stāvokli pozitīvi vai negatīvi ietekmē uz testa izpildi, vai otrādi, neietekmē vispār. Lai paplašinātu testēšanu un izstrādātu jaunus testēšanas pieejas un metodes, piemēram dinamiska testu ģenerācija, nevis statiska, kas teorijā samazina mācīšanas efektu, kas ir vēl viens būtisks faktors.

Turklāt, tika veidotas vairākās mentālas rotācijas testa variācijas, tomēr to sagatavošana aizņēma būtisku laiku. Ar jaunizveidoto rīku testa variācijas var ieviest ātri, turklāt variāciju virzieni nav ierobežoti - variācija testa objektos, ģenerēšanas algoritmā, uzdevumu daudzumā, uzdevumu grūtībā.

Tas ir būtiski testa uzlabošanai, ātriem eksperimentiem un rīka korigēšanai, nodrošinot rīkam konstantu precizitātes palielinājumu.

Lai izstrādātu piemēru labai kodēšanas praksei - kā efektīvi apvienot dažādas kodēšanas paradigmas un stilus programmatūrā, izstrādājot plaši pieejamu lietotni priekš neiroloģiskiem eksperimentiem, īpaši tādiem, kas satur trīsdimensionālus objektus. Lai izskaidrotu tehnoloģijas izvēles procesu un izstrādi no pašā sākumā līdz strādājošām minimālam darbspējīgam produktam. Lai uzsvērtu labas komunikācijas, plānošanas un projektēšanas nozīmi.

Lai parādītu, kā strukturēt kodu un pielietot gan deklarātīvu, gan imperatīvu kodēšanu, kā arī objektorientētu (OOP) un procesuālu (*angl. procedural*) programmēšanas pieeju. Lai aprakstītu iteratīvu izstrādes procesu, novērtētu to efektivitāti un pielietojamību eksperimentālas lietotnes izstrāde ar mainīgām prasībām.

Cieši strādājot komandā ar ekspertiem no vairākām jomām, ir svarīgi spēt analizēt situāciju un aktuālas prasības. Pēc katra kārtēja eksperimenta ir jābūt gatavam pielāgot risinājumu - testēšanas rīku - ātri un ar mazākām iespējamām izmaiņām eksistējošā sistēmā, tāpēc no pašā sākumā ir jāsaprot pēc iespējas vairāk par eksperimentu, potenciālām izmaiņām un iesaistīto komandas biedru plāniem.

# 1 TEORIJAS APSKATS

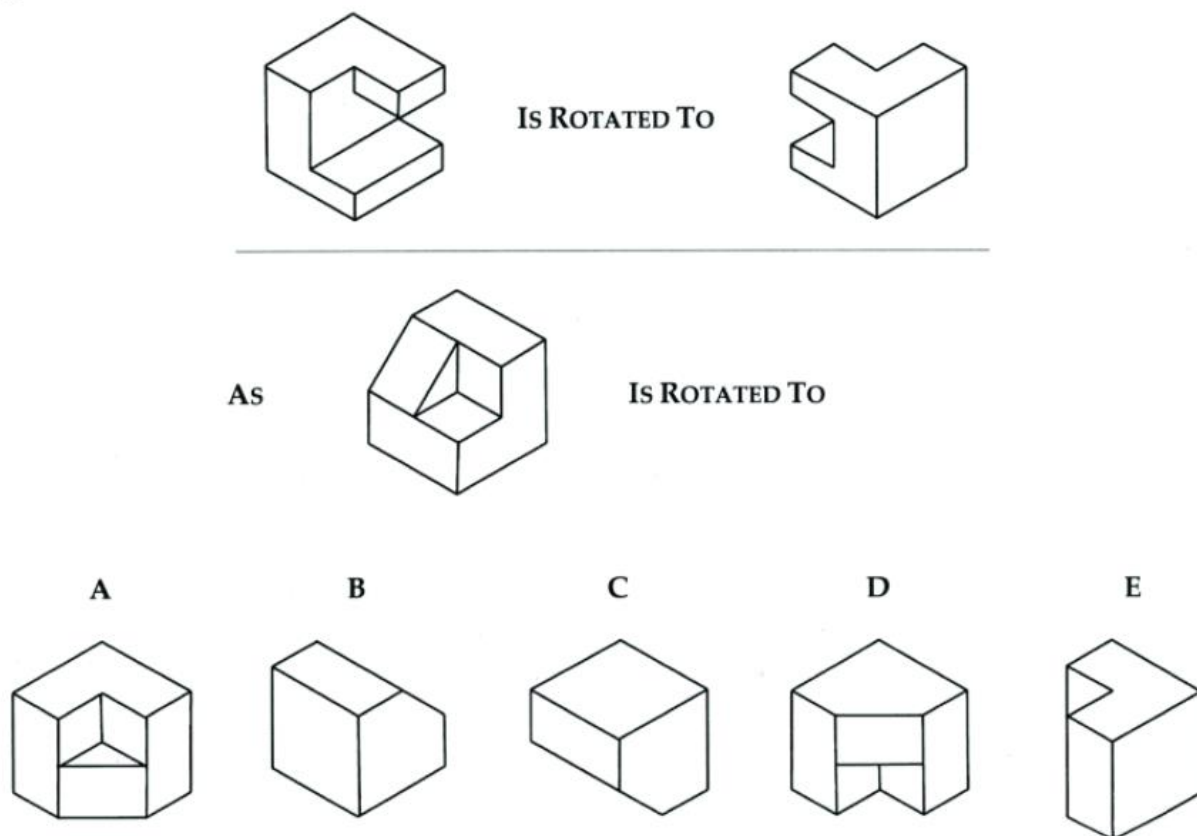
## 1.1 Mentālas rotācijas testēšana

### 1.1.1 Mentālas rotācijas jēdziens

Mentālas rotācijas nosaka lietu reprezentāciju pārvietošanu galvā. Tā ir viena no vairākām vizuāli telpiskajām prasmēm, kas piemīt cilvēkiem. [1]f

### 1.1.2 PSVT:R un testa uzdevumu sakārtojums pēc grūtības pakāpi

5



Att. 1.1 PSVT tests, ko piedāvāja Goaja

PSVT tests ir mentālas rotācijas tests, kas sastāv no references un testa objektiem. Uzdevums ir rotēt testa objektu tāpat kā references objekti ir novietoti viens pret otru. Tad izvēlēties vienu no piedāvātiem variantiem.

PSVT testā svarīgs nosacījums bija tas, ka visi uzdevumi tika sakārtoti pēc grūtības pakāpēm augošā secībā. Tajā tika pieņemts, ka pagrieziena leņķi testa objektiem bija vienīgais nozīmīgais faktors, kas ietekmēja uz testa grūtību, tomēr PSVT:R ietvaros tika konstatēts, ka pastāv arī citi

### 1.1.3 Faktori, kas ietekmē uz testa grūtību

Oriģinālā PSVT testa vienīgais piedāvātais faktors joprojām izradījās būtisks - rotācijas leņķis lielākajā mērā nosaka uzdevuma grūtību. Tāpēc sākotnējais tests piedāvāja uzdevumu secību, kur pašos pirmos (četros?) uzdevumos objektus rotēja tikai vienā virzienā uz 90 grādiem, tad nākamajos (četros?) pielietoja 180 grādu pagrieziena, tad arī negatīvu 90 un 180 grādu rotāciju. Jau testa vidū, ap (14?) uzdevumu, objekti tika rotēti nevis vienā virzienā, bet uzreiz divos, pakāpeniski palielinot kopēju pagrieziena grādu summu. Pašos pēdējos uzdevumos objekti tika pagriezti ap divām asīm 180 grādos. [pievienot attēlu]

Balstoties uz eksperimentiem, PSVT:R tika piedāvāta cita uzdevumu kārtība, lai saglabātos likums par konstanti augošo uzdevuma grūtību. Viens no skaidrojumiem, kāpēc secība tomēr izmainījās, bija objektu unikālais izskats un īpašības, kas varētu palīdzēt vai otrādi pasliktināt objekta mentālo rotāciju. Tie varētu būt objektu izliekumi, ieliekumi, konveksitātes, izcelti gali, objektu kopēja izstiepta forma. Pārskatītā testa autori nebija pilnībā pārbaudījuši katra atsevišķa faktora ietekmi un nebija veikuši padziļinātu pētījumu tajā virzienā.

Vēl viens faktors, kas varēja ietekmēt uz testa grūtības pakāpi, ir izometriskā projekcija, kurā Gvaija (PSVT autors) attēloja katru objektu. Tā ir metode trīsdimensiju objektu vizuālai attēlošanai divās dimensijās, kurā trīs koordinātu asis ir vienādi saīsinātas un leņķis starp jebkurām divām no tām ir 120 grādi. Aplūkojot dažus uzdevumus (dot piemēru no oriģ uzdevumiem un pielikt klāt attēlu), var secināt, ka papildus mentālas rotācijas mehānismam testa izpildītājiem ir jāiesaista citi galvas mehānismi, lai saprastu, kā 3D objekts izskatās no visām pusēm. Tas notiek dēļ izometriskas projekcijas, jo objektu tālākas sānu detaļas ir pārklātās ar priekšpusē detaļām, kuri ir attēloti vienā izmērā.

Uzrakstīt kādu viedokli no literatūras par priekšmetu uztveri, utt. (varbūt pievienot pie 2. punkta)

## 1.2 Klīniskā diagnostiskā neiroloģiskā pētniecība

### 1.2.1 Neurodeģeneratīvas slimības.

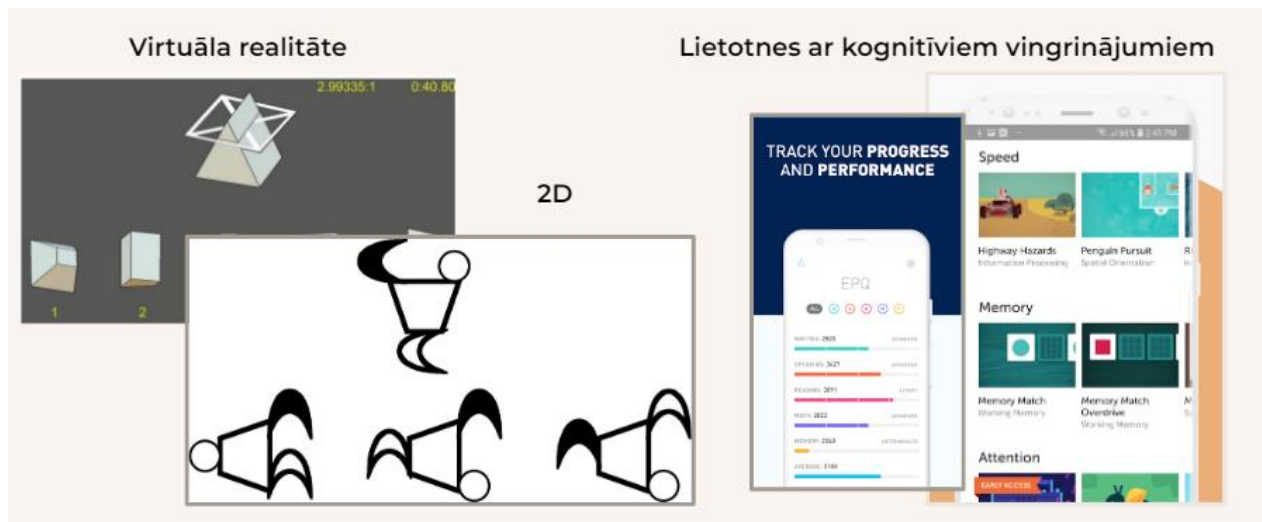
Pie neurodeģeneratīvām slimībām attiecās Alcheimera, Hantingtona, Epilepsijas un citas, saistītas ar nervu sistēmas bojājumiem un kustības trūkumiem.

## 1.2.2 Pētījumi par mentālas rotācijas saistību ar slimībām

Pacientiem ar neurodeģeneratīvām slimībām ir problēmas izpildīt mentālas rotācijas testu. Alzheimerā cilvēkiem ir sliktāka precizitāte, kāmeņa Huntingtona cilvēkiem ir pazemināts izpildīšanās laiks [4].

## 1.3 Risinājuma alternatīvas

### 1.3.1 Eksistējoši VR, papīra, vāji digitalizēti testi un to trūkumi



Att. 1.2 Eksistējoši mentālas rotācijas testi

Attēlā 1.1. ir parādīti eksistējoši mentāls rotācijas testi. Tiem ir vairāki būtiski trūkumi, piemēram, testu galīgums (otrajā reizē izpildot vienu un to pašu testu rodas mācīšanas efekts), manuāla datu apstrāde, ilgums (testa pildīšanas var izraisīt nogurumu, tādējādi pasliktināt rezultātus), kvalificētu cilvēku uzraudzība (medicīnas personāla vērtīgs laiks). Vairāki digitalizēti testi nav klīniski pārbaudīti, bet citiem, kā VR, mērķi nav saistīti ar diagnostiku.

### 1.3.2 Kursa darba prototips

Kursa darba ietvaros autors piedāvāja unikālu risinājumu, kas pārvarēja visus trūkumus eksistējošiem risinājumiem. Tas ir digitalizēts mentālas rotācijas tests ar dinamisku objekta ģenerāciju pēc uzstādītiem parametriem. Risinājums tika pilnībā uzprojektēts un implementēts līdz prototipa stāvoklim. Nākamajā sadaļā prototipa risinājums tiek detalizēti aplūkots.

## 2 MENTĀLAS ROTĀCIJAS PROTOTIPA APSKATS

### 2.1 Sākotnēja ideja

Mentālas rotācijas dinamiska testa prototipa risinājums balstījās uz sekojošām idejām:

- Tīmekļa lietotne, kas reāllaikā ģenerē objektus.
- Pieejamība uz vairākām ierīcēm – mobilā telefonā, planšetdatorā, datorā.
- Lietošanas ērtums, lai to varētu pildīt individuāli bez speciālas uzraudzības.
- Vairākās grūtības pakāpes, kuras var kontrolēt.
- Automātiska datu apkopošana.
- Papildus aptaujas integrēšanas iespēja, kas varētu palīdzēt atrast jaunas sakarus starp testu izpildi un cilvēka labsajūtu (depresijas stāvokli) un emocijām.

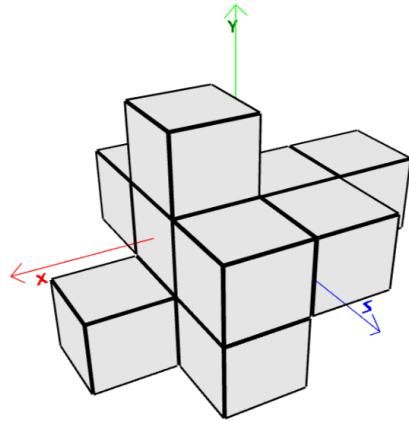
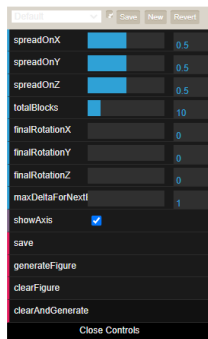
### 2.2 Risinājuma detaļas

#### 2.2.1 Lietotāju skati

1. **Objektu konfigurāciju ģenerators** – Skats piedāvā uzstādīt ģenerācijas parametrus un saglabāt tos, ģenerēt trīsdimensionālus objektus ar uzstādītiem parametriem, rotēt un pārvietot objektus. Ģenerētiem objektiem pamatsastāvdaļa ir kubs, kas ļauj ģenerēt dažādas formas, tipa un lieluma objektus, līdzīgus Šepārda-Mecleres (*Shepard-Metzler*) rotācijas testam (att. 2.1.).

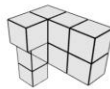
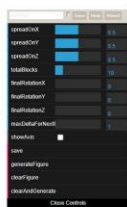
# Welcome to Configuration Editor

Edit configuration and press **clearAndGenerate** pages/index.js  
Stage 2 - Created algorithm for generation random 3d Shapes and its dynamic configuration

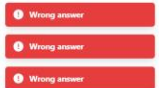
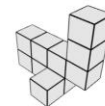


Att. 2.1 Objektu konfigurācijas ģenerators – lietotāju skats

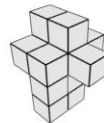
2. **Mentālas rotācijas tests** - Atkārtoto mentālas rotācijas testa PSVT izkārtojumu. Piedāvā izpildīt mentālas rotācijas uzdevumus, kuros objektu ģenerācijā pielieto saglabātu konfigurāciju. Pēc katra uzdevuma izpildes labajā stūrī parāda paziņojumu par pareizo vai nepareizo atbildi (att. 2.2.).



ir pagriezts



kā



ir pagriezts



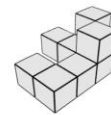
1



2



3



4

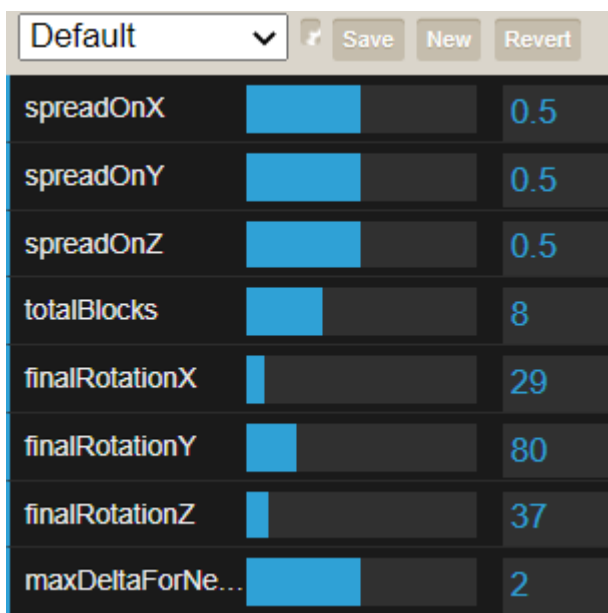


5

Att. 2.2 Mentālas rotācijas tests – lietotāju skats

## 2.2.2 Dinamiskais objektu ģenerēšanas algoritms un to parametri

### 2.2.2.1 Konfigurējamie parametri

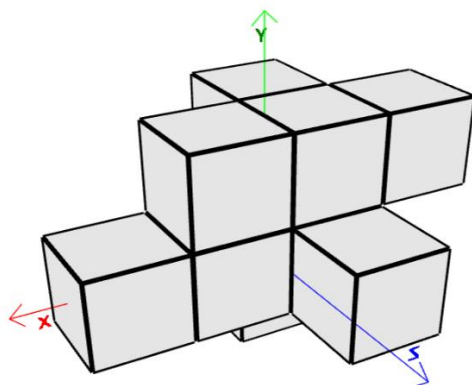


Parameter	Slider Value	Numerical Value
spreadOnX	0.5	0.5
spreadOnY	0.5	0.5
spreadOnZ	0.5	0.5
totalBlocks	8	8
finalRotationX	29	29
finalRotationY	80	80
finalRotationZ	37	37
maxDeltaForNe...	2	2

Att. 2.3 Konfigurācijas logs - objektu ģenerācijas parametri

Lai varētu zināmā mērā kontrolēt objektu daudzveidību un grūtību, prototipu risinājumā tika implementēts algoritms, kas ievadā saņem konfigurāciju. Konfigurācija iekļauj sekojošus parametrus (att. 2.3.):

- 1. Izplatības koeficienti pa ašiem X, Y, Z** - regulē, kādā mērā objekts izplatās pa attiecīgiem ašiem. Ietekmē uz gala objekta formu (izstiepta, saspiesta, regulāra).
  1. Piemēram, ja uzstādīt visus koeficientus uz vienu un to pašu vērtību, tad algoritmam katrā ģenerēšanās solī būs vienāda varbūtība virziena izvēlei nākamam blokam - paralēli X, Y vai Z koordinātu asij. Tādā veidā saģenerētam objektam veidojas aptuveni vienāds maksimālais augstums, platums un garums (att. 2.4).



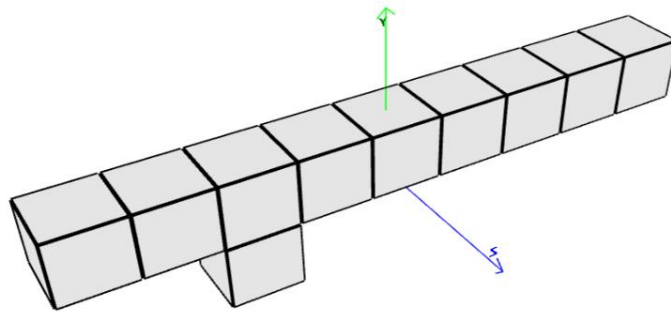
*Att. 2.4 Vienveidīgs objekts*

2. Cits piemērs, iestatot vienu no izplatības koeficientiem uz 0 un pārējus uz pozitīvām vērtībām, var ģenerēt figūras vienā plaknē (att. 2.5).



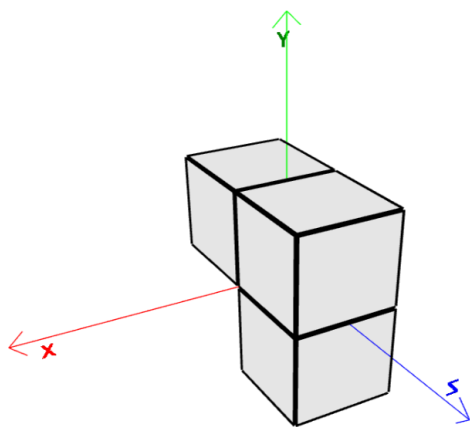
*Att. 2.5 Plaknes objekts*

3. Izstieptus objektus var ģenerēt, uzstādot vienu koeficientu krietni lielāku par pārējiem (att. 2.6.).

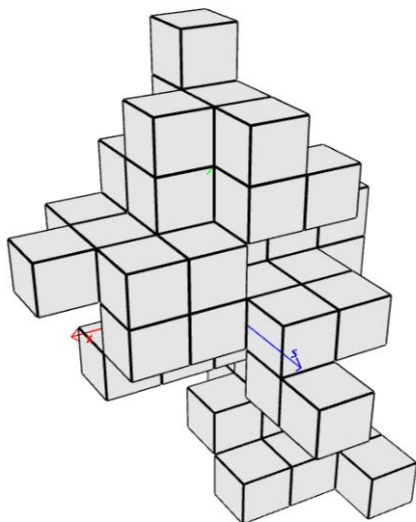


*Att. 2.6 izstiepts objekts*

- 2. Bloku skaits** - nosaka objektu sastāvdaļu skaitu. Pēc vairākiem pavadītiem manuāliem eksperimentiem ar prototipu, autors izsecināja, ka šis parametrs ir viens no svarīgākiem, kā var ar zināmu precizitāti kontrolēt grūtības pakāpi. Piemēros ir parādīti objekti ar uzstādītam robežvērtībām – 3 bloki (att. 2.7.) un 50 bloki (att. 2.8.).

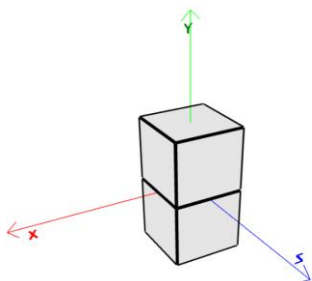


*Att. 2.7 Objekts no 3 blokiem*



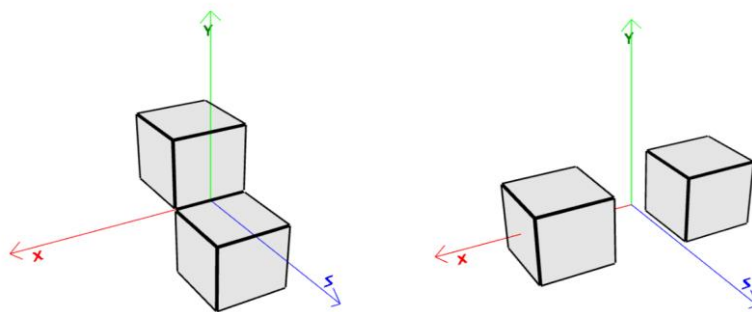
*Att. 2.8 Objekts no 50 blokiem*

3. **Objekta pagrieziens attiecībā uz asīm X, Y, Z** - pagriež saģenerētu objektu uz noteiktiem grādiem ap attiecīgiem asīm. Šis parametrs netika pielietots testēšanā, jo programmatūra mentālas rotācijas testam pati nodarbojās ar objektu rotācijām un pozicionēšanu. Papildus rotācijas, uzstādītas konfigurācijā, varētu tikai sabojāt testa precizitāti un saņemtus datus.
4. **Maksimālais attālums starp ģenerējamiem blokiem** - Ģenerācijas procesā rādītājs noteic nākama bloka maksimālo attālumu no jau eksistējoša. Piemēram, ar uzstādījumu 1 var ģenerēt figūras, kuru bloki pieskartos viens otram ar malām, jo viens bloks ir nobīdīts no kāda eksistējoša pa 1 bloku nejaušā virzienā (att. 2.9.).



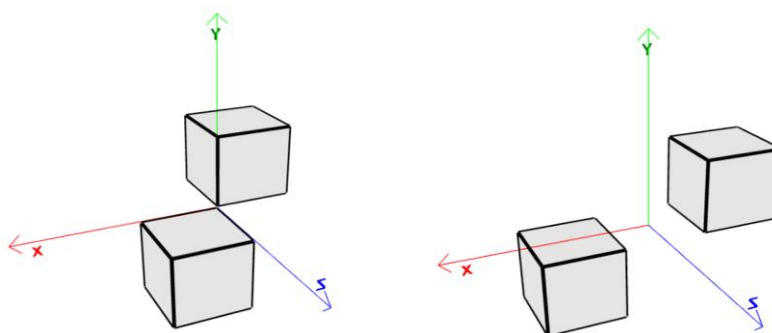
*Att. 2.9 maksimālais attālums starp ģenerējamiem blokiem - 1*

Tad ar parametra vērtību 2 pamatbloki pieskarsies ar malu, ar šķautni vai nepieskarsies vispār, jo maksimālais attālums no katra bloka būs 2 (att. 2.10.).



*Att. 2.10* maksimālais attālums starp ģenerējamiem blokiem - 2

Un ar vērtību 3 tiek atļauti visi iepriekšēji ģenerēšanas gadījumi, kā arī kad bloki pieskarās ar stūriem virsotnēm vai nepieskarās viens otrām divu bloku attālumā (att. 2.11.).

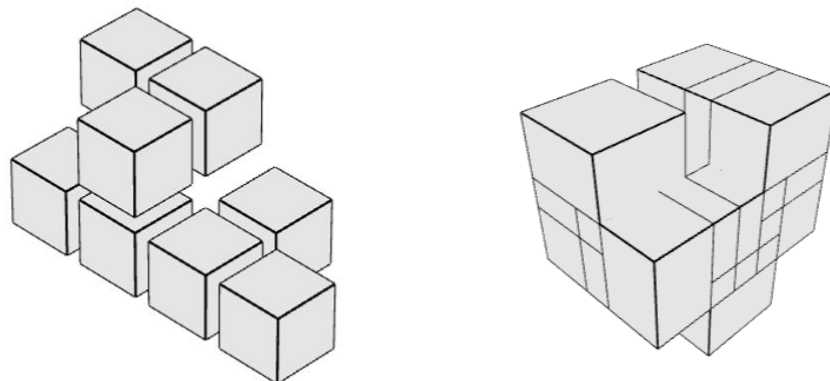


*Att. 2.11* maksimālais attālums starp ģenerējamiem blokiem - 3

### 2.2.2.2 Slēpti parametri.

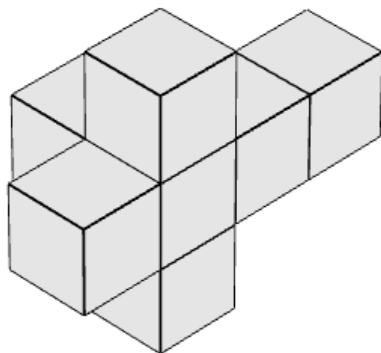
Algoritmam ir arī slēpti parametri, ko nevar kontrolēt no ārējiem skatiem. Šos parametrus var izmainīt tikai autors, mainot konstantes pirmkodā. Zemāk tiek paskaidroti svarīgākie no tiem, kurus autors pielietoja programmatūras izstrādes laikā un demonstrācijās:

1. **Pamatsastāvdaļu izmērs** - mainot šo parametru, var būtiski ietekmēt uz objektu izskatu. Kaut gan parametrs netika pielietots publiskajā testēšanā, tas joprojām bija noderīgs, lai parādītu rīka iespējas un ierobežojumus. Attēls 2.12. parāda objektu, kuram pamatsastāvdaļu izmērs ir samazināts no 1 līdz 0.8 un objektu ar 1.5 parametra vērtībām.



*Att. 2.12 Objekti ar pamatsastāvdaļu izmēriem 0.8 (pa kreisi) un 1.5 (pa labi)*

2. **Kameras redzeslauks** - vel viens parametrs, kas varētu būtiski ietekmēt uz testa rezultātiem. Kā tika minēts augšā, oriģinālajā PSVT testā objekti tika attēloti izometriski. Tas dažreiz samulsināja testa pildītājus, jo objekta tuvākās daļas bija tik pat lielās, ka objekta tālākās, kas veidoja vizuālo ilūziju. Att. 2.13. parādīts piemērs no līdzīga izometriska figūru izskata, kur standarta kameras redzeslauka koeficienta vērtība ir nomainīta.



*Att. 2.13 objekts izometriskajā izskatā*

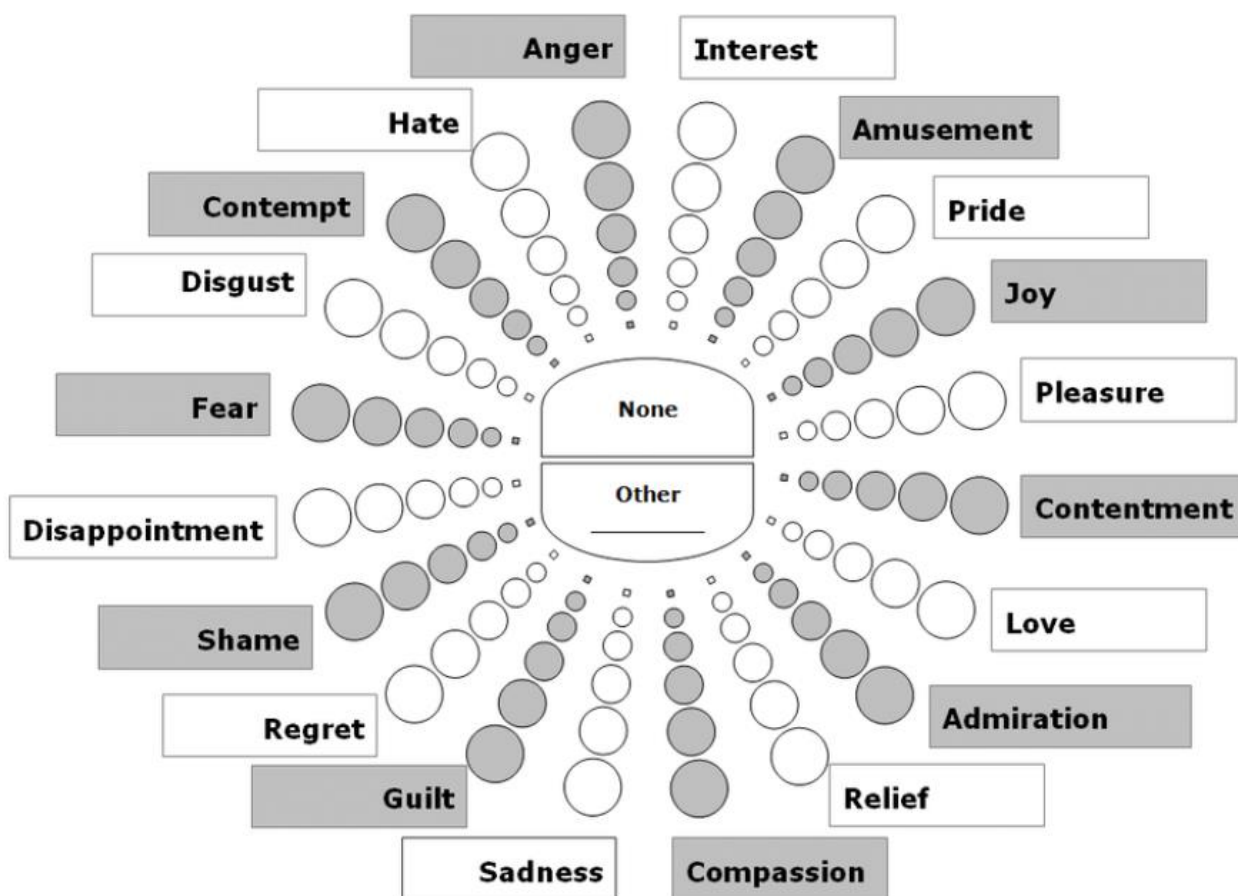
### **2.3 Aptaujas jaunu saistījumu izpētei**

Prototipa projektēšanas brīdī tika ņemts vērā, ka rīks atbalstīs papildu aptauju pievienošanu, lai pārbaudītu iespējamās sakarības starp lietotāju nesenu paustajām emocijām, vispārējo garīgo veselību, depresijas stāvokli un mentālas rotācijas rezultātiem. Kaut gan tas nebija implementēts,

prasība tika pārlikta uz nākamo produkta attīstības posmu, tāpēc ir svarīgi aplūkot piedāvātas aptaujas.

### 2.3.1 Ženēvas emociju aplis

Ženēvas universitātes teorētiski atvasināts un empīriski pārbaudīts instruments, lai noteiktu emocionālās reakcijas uz objektiem, notikumiem un situācijām. Pati aptauja izskatās kā aplis un piedāvā iezīmēt pie attiecīgas emocijas intensitāti, atspoguļojot savu pēdējo divu nedēļu emocijas stāvokli (att. 2.14.).



Att. 2.14 Ženēvas emociju aplis

### 2.3.2 Pacienta veselības aptauja – depresijas tests (PHQ-9)

Diagnostikas rīks, lai pārbaudītu pieaugušos pacientus labsajūtu, noteikt viņu depresijas esamību un smagumu. Tad, sakrājot attiecīgu punktu skaitu no 9 jautājumiem, var noteikt rezultātu. Jo vairāk punktu – jo smagākas depresijas stāvoklis.

## 3 MINIMĀLA DARBSPĒJĪGAIS PRODUKTA IZVEIDOŠANA / DIGITĀLA VIZUĀLO SPĒJU RĪKA IZSTRĀDE

### 3.1 Prototipa idejas attīstība un esošās versijas pilnveidošana

#### 3.1.1 No dinamiskas ģenerēšanas uz iepriekš ģenerējamiem testiem

Pēc intervijām ar ekspertiem par tālāko implementāciju, pirmajiem testiem un datu savākšanu, kļuva skaidrs, ka dinamiskam testam ir grūti analizēt iegūtus datus dēļ sekojošiem principiem:

- Pastāv neskaidrība grūtības pakāpes noteikšanā (atsaukties uz apakšnodaļu augšā). Nav zināms pilnā mērā, kurā brīdī kādi faktori ietekmē uz uzdevuma grūtību.
- Vēl viens ierobežojums ir piedāvātais objektu ģenerēšanas algoritms un to parametri. Kaut gan autors kopā ar ekspertiem definējis sākotnēju parametru komplektu, kā arī vēlāk mēģinājis izdomāt papildus parametrus, tie joprojām nevarēja garantēt precīzu grūtības pakāpes kontroli.
- Pielietojot vienu un to pašu konfigurāciju tiek ģenerētas dažādas figūras. Lai tests būtu pamatots, ir jāpierāda, ka tas figūras ir līdzīgas pēc parametriem un galvenais – pēc grūtības pakāpes. Lai to izdarītu, autors mēģināja saglabāt kopā ar citiem testa datiem saģenerētas figūras attēlus, tomēr tam nebija lielas nozīmes, jo nevarēja definēt šāda tipa attēlu apstrādes metodi.

Tāpēc tika pieņemts svarīgs lēmums izmantot dinamiskus testus ar iepriekš ģenerējamiem testiem, vismaz minimāla darbspējīga produkta ietvaros. Šis lēmums izraisīja jaunus izaicinājumus un iespējas risinājuma attīstībai. Tas lika autoram pārskatīt savus iepriekšējos projektējuma un dizaina lēmumus (skatīt sadaļu 3.2.2). Pieņemti lēmumi tiek detalizēti apskatīti zemāk.

#### 3.1.2 Rezultātu savākšana

Prototipa risinājuma rezultāti gan par lietotājiem, gan par viņu izpildītiem testiem netika savākti un glabāti. Datu bāzes ieviešana ir kritiska, lai veiktu datu analīzi un pārliecinātos par lietotnes darbspējīgumu.

#### 3.1.3 Testa statistiska ticamība

Iepriekš ģenerētiem ir vieglāk pierādīt statistisko ticamību, jo līdzīgi oriģināliem PSVR testiem, uzdevumi ir sagatavot iepriekš un to secība testēšanas laikā nemainās. Tādā veidā,

testēšanas laikā, tiek savākti vairāki dati par vienu un to pašu testu un testa uzdevumiem. Tad datus var analizēt, skatīt kopējo tendenci, salīdzināt izpildes laikus un pareizo atbilžu daudzumu, kā arī kopumā noteikt testa statistisko ticamību.

### 3.1.4 Testa izpildamība

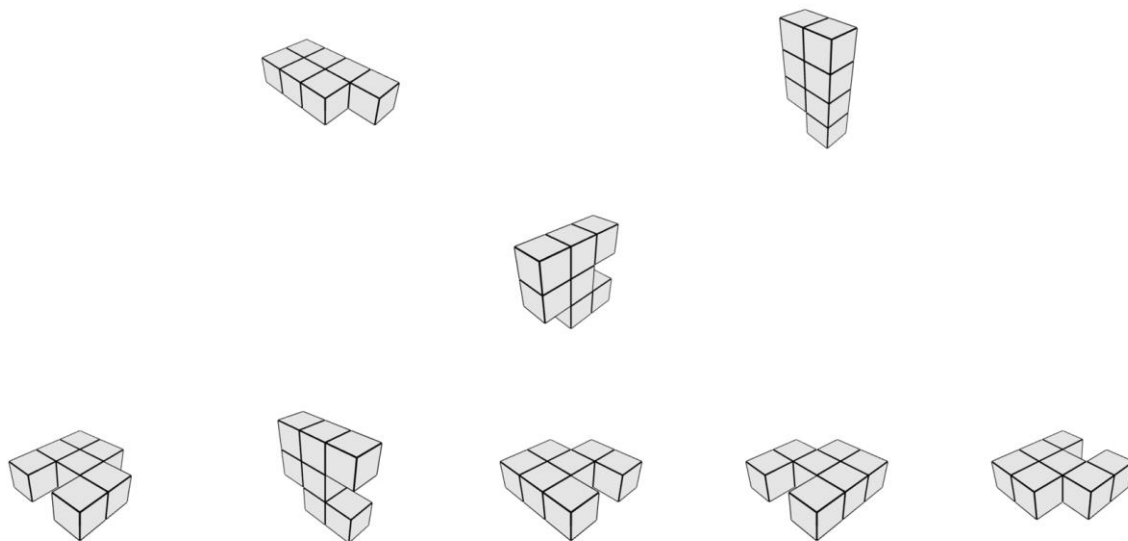
Testā piedalīsies gan kontroles, gan klīniskā (eksperimentālā) grupa, tāpēc ir svarīgi, lai abās grupas dalībnieki izpildītu testus pilnībā. Saskaņā ar mentālas rotācijas pētījumiem par cilvēkiem ar neiroloģiskām slimībām, salīdzinot ar kontroles grupu, viņiem bija trūkumi ātruma un precizitātes ziņā [4] [5]. Papildus tam, klīniska grupa pildīja tikai divdimensionālus testus, nevis trīsdimensionālus, tādēļ ir jāņem vērā, lai tests būtu izpildāms.

Parunājot ar ekspertiem, tika nolemts, ka jāģenerē objektus ar minimāli iespējamu sastāvdaļu skaitu. Pēc paveiktas analīzes, pārbaudot variantus izveidotajā mentālas rotācijas testa skatā, tika konstatēts, ka 7 ir optimālais bloku skaits. Ar mazāku skaitu dinamiski ģenerējami objekti sāka bieži atkārtoties.

### 3.1.5 Testu variācijas

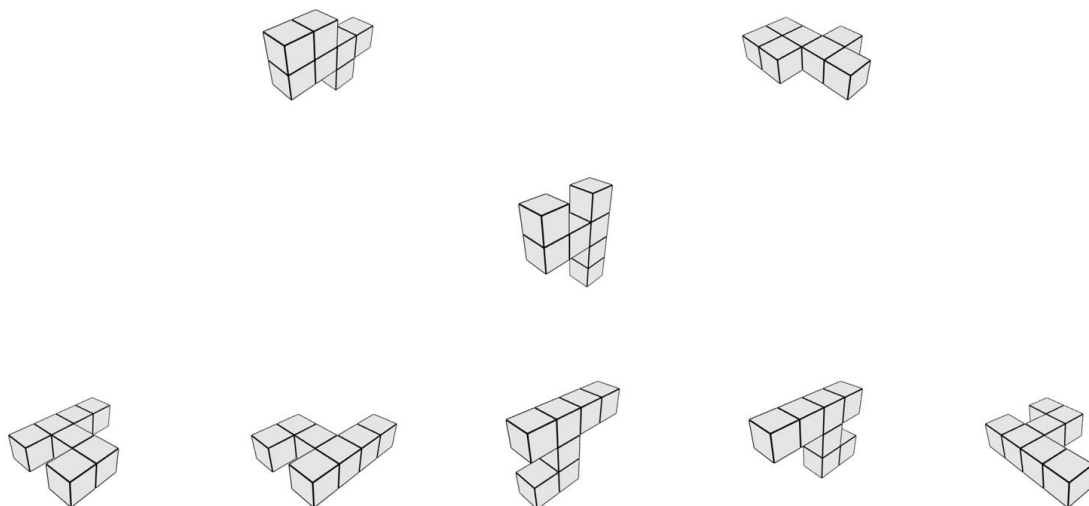
Objektu konfigurāciju ģenerators piedāvā plašu gala objektu dažādību. Bez testēšanas nevar noteikt, kāda no konfigurācijām būtu vispiemērotākā klīnisko grupu testēšanai. Tāpēc autors saģenerēja 16 testus un kopā ar ekspertiem izvēlējās trīs dažādākas versijas.

1. Pirmais tests ir parastais 7 bloku tests (att. 3.1.).



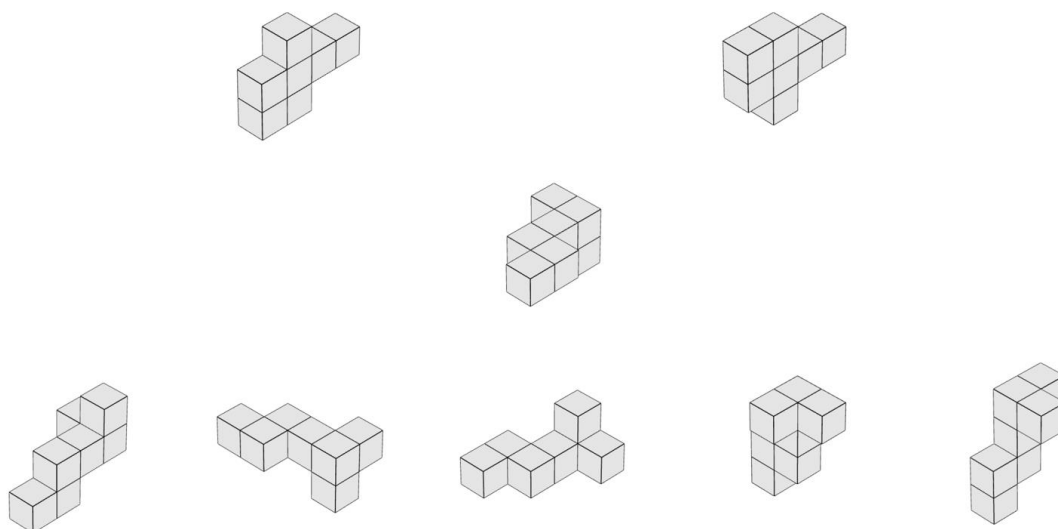
Att. 3.1 uzdevuma piemērs no 1. testa

2. Otram testam ir uzstādīta tāda konfigurācija, lai ģenerētu tikai plaknes objektus (ar vienu nulles izplatības koeficientu) (att. 3.2.)



Att. 3.2 uzdevuma piemērs no 2. testa

3. Pēdējais tests ir tāds pats kā pirmais, tikai ar vairāk isometrisku skatu (att. 3.3.)



Att. 3.3 uzdevuma piemērs no 3. testa

### 3.1.6 Mācīšanas efekta izvairīšanās

Testam ir jābūt izpildāmam tikai vienreiz, lai minimizētu mācīšanas efektu [1].

### 3.1.7 Kopējas testēšanas izpildes secība

Kopumā lietotājam ir jāiziet cauri vairākiem etapiem. Tie ir reģistrācija, profila informācijas pievienošana, emociju aptauja, mentālas rotācijas tests un depresijas tests. Kopā ar ekspertiem tika apspriests, ka to ir jāizdara tieša šāda secībā, jo tā ir optimāla, lai lietotājs pirms galvenā mentālas rotācijas testa netērētu daudz laika un nezaudētu daudz spēka un motivācijas, kā arī lai beigās varētu atpūsties, pildot depresijas testu. Arī šī secība motivē lietotāju izpildīt testu līdz galam, jo citādi, ja piemēram uzlikt kā pirmo testu mentālas rotācijas - lietotājs varētu ātri palikt noguris, bet redzētu vēl 2 palikušas aptaujas un vienkārši aizvērtu lietotni.

### 3.1.8 Paslēpti testa rezultāti

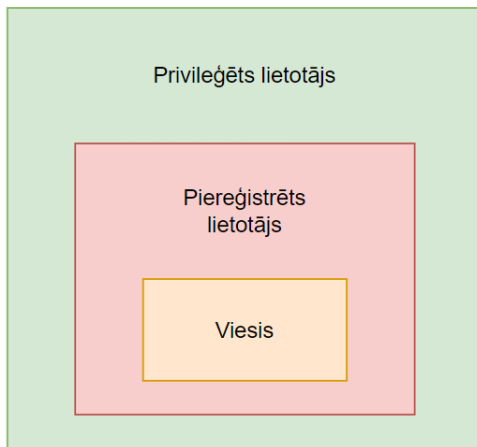
Testa izpildīšanas laikā vairāki faktori var ietekmēt iegūstamos datus. Viens no tādiem varētu būt konkrēta testa rezultāti. Ja lietotājs redzēs, piemēram, ka mentālas rotācijas tests bija izpildīts ar vājiem rezultātiem, tad tas demotivēs lietotāju un nākamās aptaujas rezultāti nebūs objektīvi.

## 3.2 Risinājuma pilnveidošana

### 3.2.1 Lietotāju lomas un hierarhija

Lietotāju lomas un hierarhija tika atstāti tādā pašā veidā kā prototipa (att. 3.4.). Pirms citu diagrammu aplūkošanas ir svarīgi atgādināt, ka:

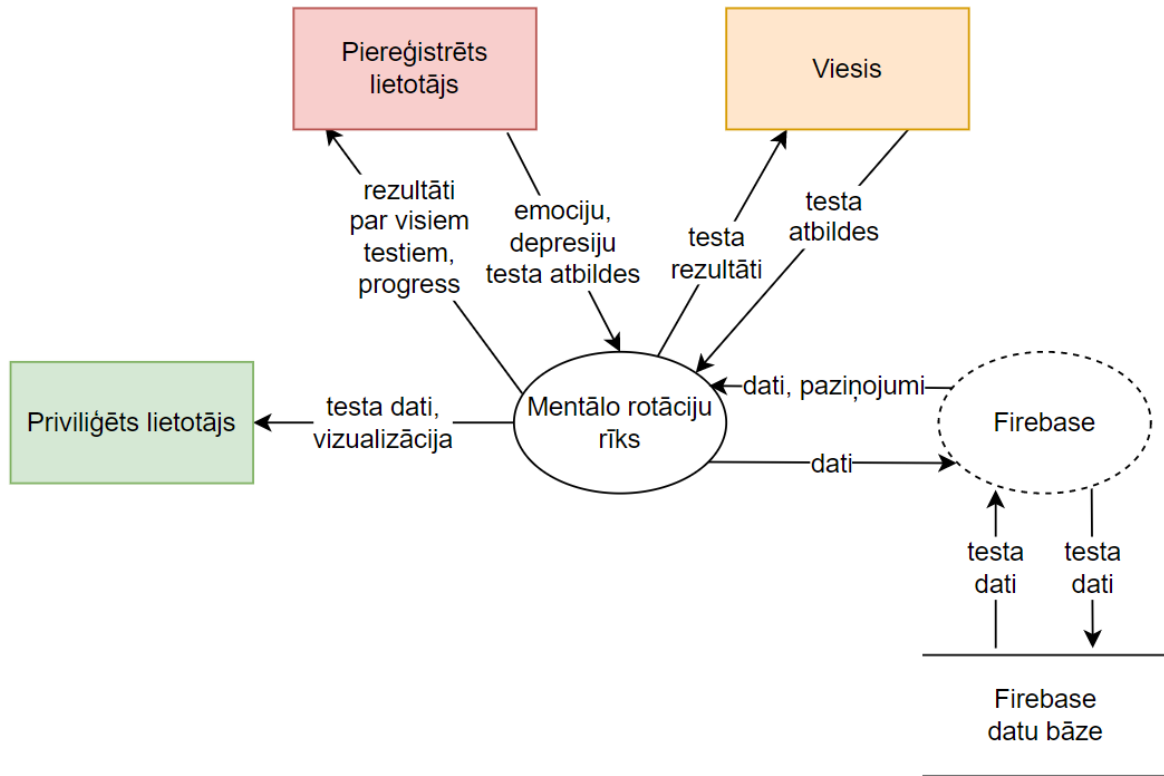
- **viesim** ir vismazāk tiesību – iespējams apskatīt mājaslapu un pierēģistrēties vai ielogoties kontā
- **piereģistrētais lietotājs** var izpildīt eksperimentu
- **privileģēts lietotājs** (mediķis, datu analītiķis, dakteris) var piekļūt izpildīto testu datiem pēc lietotāja identifikācijas numura un ģenerēt jaunus testus



*Att. 3.4 Lietotāju hierarhiju diagramma*

### **3.2.2 Datu plūsmas diagramma sistēmas līmenī**

Datu plūsmas 0. līmeņa diagramma (att. 3.5.) atspoguļo risinājumu projektējumu prototipa stadijā. Tajā tika piedāvāts savienot mentālas rotācijas rīku ar Google piedāvāto Firebase servisu, kas būtu atbildīgs par datu piekļuvi, lietotāju reģistrēšanu un paziņojumu izsūtīšanu. Arī lietotāju grupām bija citi piekļuves kontrole, piemēram, viesi varēja izpildīt mentālas rotācijas testu un tikai piereģistrēti lietotāji varēja piekļūt arī emocijas aptaujām un saglabāt savus rezultātus.



Att. 3.5 Datu plūsmas 0. līmeņa diagramma (veca)

Prasību izmaiņu dēļ mainījās arī sistēmas ārējie aģenti un lietotāju sadarbības scenāriji ar risinājumu (att. 3.6.). Tagad lietotne bez starpnieka komunicē ar datu bāzi, kā arī saglabā datus nevis kolekcijas veidā NoSQL datu bāzē, bet relācijas datu bāzē, kas ir piemērotāka pašreizējam datu modelim (skatīt sadaļu 3.4.3). Arī tika pievienots vēl viens ārējais serviss, kas ir Facebook, Google un e-pasta pieteikšanas nodrošinātājs.

Runājot par lietotāju grupām, viesis tika ierobežots uz vienīgu pieslēgšanas funkciju, kamēr pierēģistrētām lietotājam tika piedāvāts pilnībā iziet eksperimentu. Tas tika izdarīts pēc ekspertu ieteikumiem, lai saņemtu pirmā mēģinājumā datus no lietotājiem. Papildus, privilģētiem lietotājiem tika pievienota iespēja nosūtīt konfigurāciju parametrus, lai ģenerētu jaunus testus.



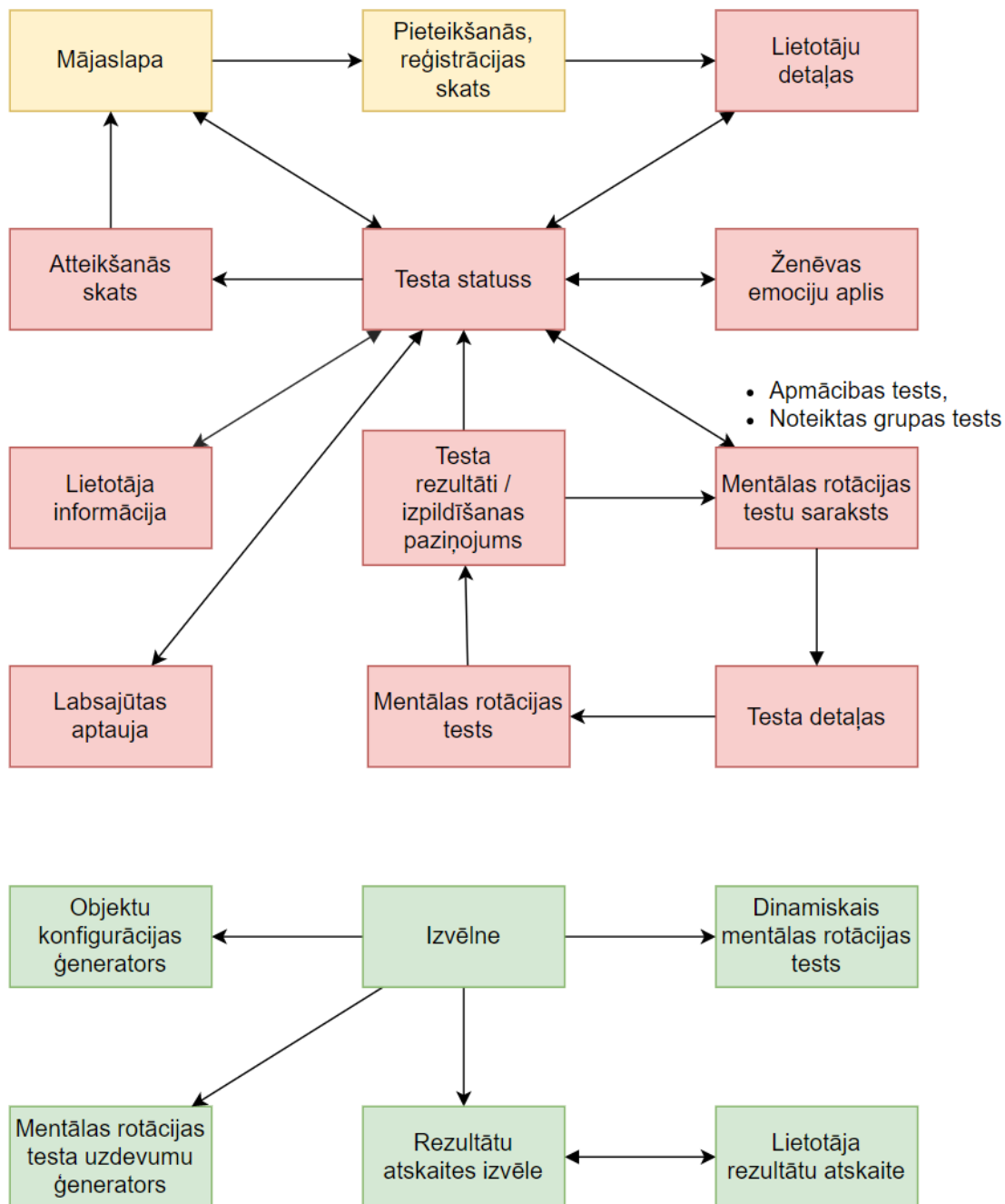


### 3.2.4 Skatu plūsmas diagramma

Diagramma parāda visus eksistējošus skatus sistēmā un sagrupē tos pēc lietotāju lomām (krāsa nosāka attiecīgu lietotāju lomu, kam ir piekļuve konkrētam skatam, att. 3.4.). Papildus, ar bultiņām norādīts, kā lietotājs var pārvietoties sistēmā no viena skata uz citu (parādīti tikai svarīgākas saites).

Saskaņā ar diagrammu, testa statusa skats ir visvairāk saistīts ar citiem reģistrētu lietotāju skatiem, jo tas servē divas būtiskas funkcijas – informēt lietotāju par eksperimenta progresu un nodrošināt pāreju no viena testa uz cita. Tāpēc shēmā tas ir izvietots pašā centrā. Vēl viens būtiskais novērojums ir cikls no skatiem, kas atteicās uz mentālas rotācijas testiem. Tas veidojās tāpēc, lai nodrošinātu lietotājiem pilnu sapratni par testu, piedāvājot no sākuma izpildīt apmācības testu (pat atkārtoti) un tikai tad – reālo.

Runājot par privilēģētiem lietotājiem (atzīmētas ar zaļu krāsu), tiem ir iespēja caur izvēlni tikt pie dinamiskā mentālas rotācijas testa, saģenerētu savus uzdevumus, pielietojot objektu konfigurācijas ģeneratoru un mentālas rotācijas testa uzdevumu ģeneratoru, kā arī apskatīt konkrētu lietotāju rezultātus pēc lietotāja identifikācijas numura. Pierēģistrēti lietotāji to, savukārt, var dabūt lietotāja informācijas lapā un padot pierēģistrētiem lietotājiem (kas varētu būt konkrēta lietotāja dakteris).

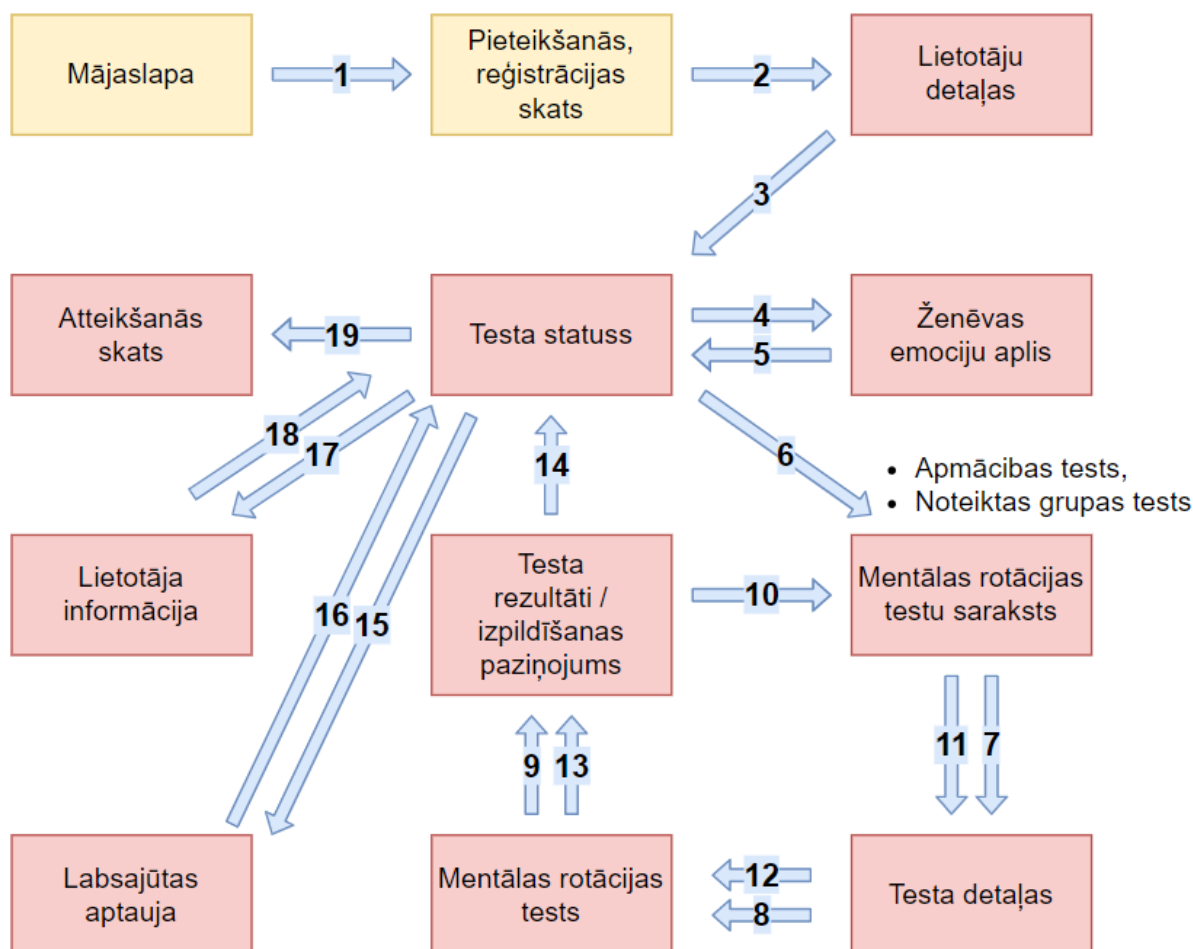


Att. 3.9 Skatu plūsmas diagramma

### 3.2.4.1 Lietošanas scenārijs – eksperimenta izpilde

Attēlā 3.10. ir demonstrēts tipisks sistēmas lietošanas scenārijs, kur lietotājs no sākumā reģistrējās sistēmā (1., 2. soļi), tad aizpilda papildus datus par sevi (3. solis), pēc instrukcijām statusa lapā nonāk Ženēvas emociju aptaujas skatā (4. solis), izpilda to un atgriežas atpakaļ, lai turpinātu eksperimentu mentālas rotācijas testēšanā un aizietu uz mentālas rotācijas testu saraksta (5., 6. soļi). Tad no sākuma izpilda apmācības testu un ņemas klāt pie savas grupas testa (soļi 7.-

13). Pārbaudot statusu, lietotājs dodas uz pēdējās aptaujas skatu, sekmīgi iesniedz datus un atgriežas atpakaļ testa statusu lapā (soļi 14.-16.). Tad, lai paziņotu dakterim vai klīnisko datu analīzes ekspertam, aiziet uz lietotāja informācijas skatu, nokopē savu identifikācijas numuru un iziet no sistēmas (soļi 17.-19.).



Att. 3.10 Skatu plūsmas diagramma - eksperimenta izpildes scenārijs

### 3.2.5 Saskarnes dizains un funkcionalitāte

#### 3.2.5.1 Mērķa auditorija

Ir svarīgi definēt mērķa auditoriju, lai saprast, kādus dizaini paņēmienus ir jāpielieto. Šīs lietotnes mērķis ir aptvert cik vien iespējams vairāk cilvēku, lai neuzstādītu ierobežojumus uz testa dalībniekiem. Turklāt lietotnei ir jāreķinās ar klīniskas grupas dalībniekiem ar kustības, smadzeņu, nervu sistēmas un cita tipa traucējumiem.

Vēl viena svarīga piezīme ir dalībnieku valoda – lietotnei ir jāatbalsta latviešu, angļu un krievu valodas. Arī nav paredzēta speciāla lietotāju uzraudzība un testa aprīkojums, lai lietotāji varētu pildīt testu gan datorā, gan planšetdatorā, gan mobilā telefonā.

### **3.2.5.2 Dizaina principi**

Ņemot vērā mērķa auditorijas īpašības, lietotnes dizainam ir jābūt maksimāli saprotamām gan bērniem, gan pieaugušiem, gan vecākiem cilvēkiem. Dizainam ir jābūt neitrālām, lai lietotne nepievērstu vairāk uzmanības (negatīvas vai pozitīvas) nekā pats tests. Dizainam ir jābūt pieejamām cilvēkiem ar minimālām tehnoloģiju lietojuma iemaņām, tāpēc nav jāliek liekas pogas, navigāciju un elementus kopumā, kas varētu novērst uzmanību un samulsināt lietotāju. Papildus tam, lai palīdzētu tādiem cilvēkiem izpildīt testu, ir jāsniedz skaidri norādījumi un padomi tekstu veidā, pēc iespējas arī veikt interaktīvas pamācības.

Tālāk tiek parādīti visi lietotnes skati eksperimenta izpildes secībā.

### **3.2.5.3 Skati viesiem**

**Mājaslapa** – Minimālistisks dizains tikai ar vajadzīgo informāciju. Apakšā piedāvāta valodas izvēlne, bet pašā centrā – neliels vispārīgs eksperimenta apraksts un poga kā aicinājums rīkoties (*angl.: call to action*), lai uzsāktu izpildīšanu (att. 3.11.).

## Objektu rotācija

Objektu mentāla rotācija attiecas uz objektu rotāciju galvā. Tā ir viena no vairākām vizuālajām un telpiskajām prasmēm, kas mums visiem ir.

Sākt!

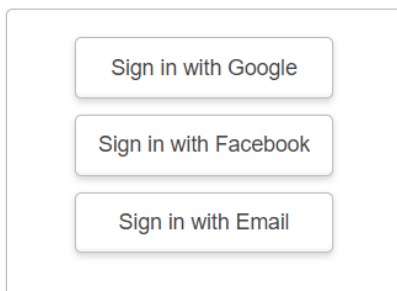
en

ru

Izveidoja **Dmitrijs Voronovs**

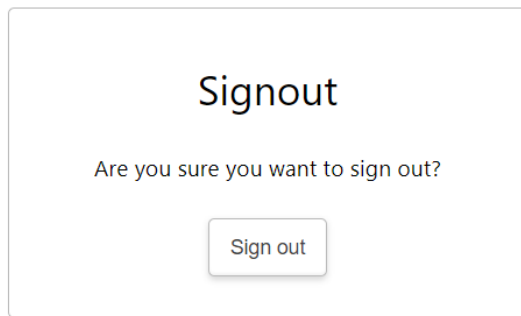
### Att. 3.11 Mājaslapas skats

**Pieslēgšanas skats** – Piedāvā lietotājiem pieslēgšanas opcijas (att. 3.12.).



### Att. 3.12 Pieslēgšanas skata komponente

**Atteikšanās skats.** Skata galveno komponenti skatīt att. 3.13.



*Att. 3.13 Atteikšanās skata komponente*

#### **3.2.5.4 Skati pierēģistrētiem lietotājiem**

**Lietotāju detaļas skats** – Piedāvā aizpildīt lietotājam detaļas par sevi, kas ir svarīgas konkrētām eksperimentam. Papildus parādās galvene lapas augšā, kas ļauj lietotājam pārvietoties pa vietni (tas ir aktuāli, kad lietotājs grib samainīt informāciju par sevi, nevis kad pirmo reizi ievada datus) (att. 3.14.).

## Konta dati

Lūdzu, aizpildiet papildinformāciju par sevi

Vecums \*

Dzimums \*

Viriešu  Sieviešu  Cits

Nodarbošanās \*

Akadēmiskā joma \*

Vai jūs esat labrocis? \*

Vai jums ir neirodeģeneratīvi traucējumi? \*

- Nē
- Jā, Alzheimer slimība
- Jā, Hantingtona slimība
- Jā, Parkinsona slimība
- Jā, cita

Pieņemt privātuma politiku un lietošanas noteikumus([lasīt](#))

Iesniegt

### Att. 3.14 Lietotāju detaļas skats

**Testa statusa skats** – servē kā centrālais lietotnes punkts, kurš rāda eksperimenta progresu, izveidotus un nākamus testus. Tika pieņemts lēmums pievienot šādu labu, lai cilvēks katrā brīdī saprastu, cik daudz vēl palika līdz eksperimenta beigām (att. 3.15.).

## Eksperimenta statuss

Lai pabeigtu eksperimentu, izejiet cauri katram vingrinājumam:

» **EMOCIJAS**

Emocijas un jūtas, ko esat piedzīvojis pēdējo 2 nedēļu laikā

🕒 **OBJEKTU ROTĀCIJA**

Atklājiet savas mentālas rotācijas spējas

🕒 **VESELĪBA UN DEPRESIJA**

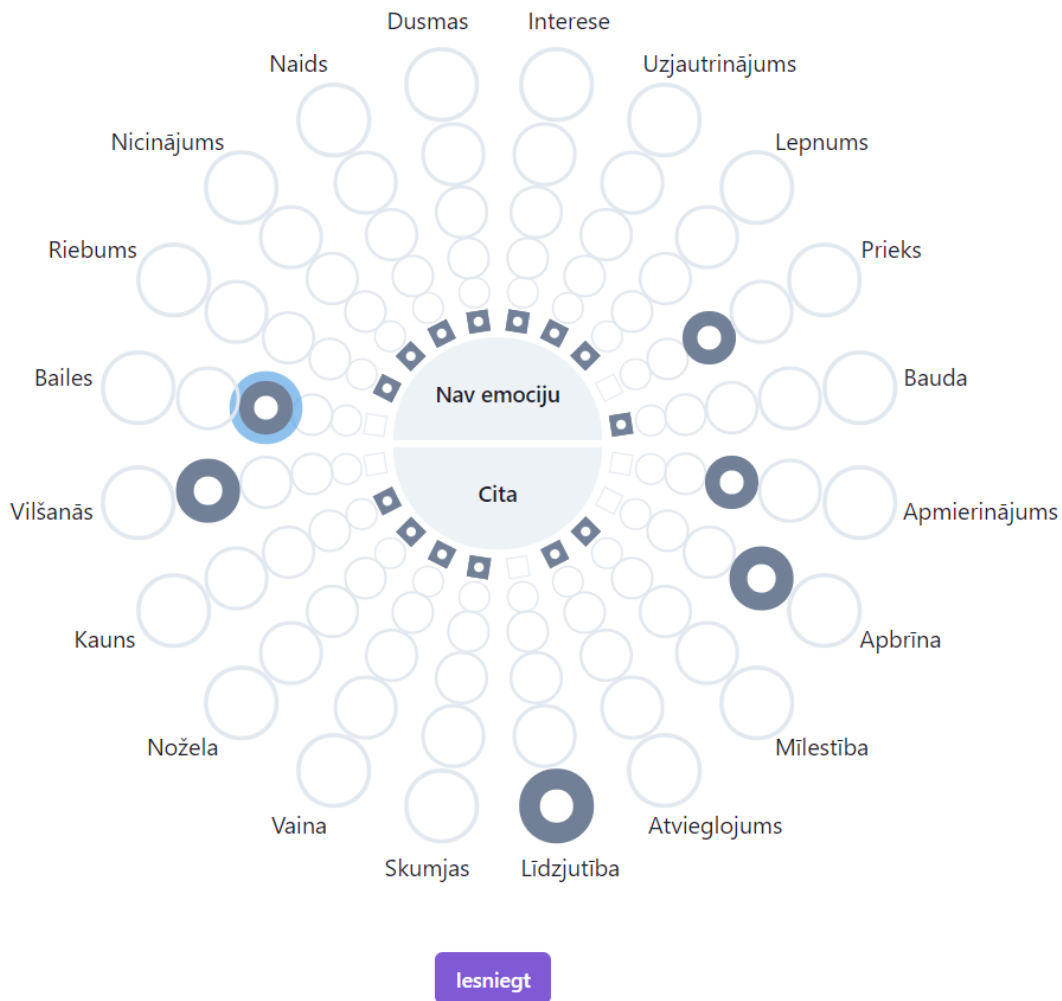
Jūsu veselības un depresijas stāvoklis

### *Att. 3.15 Testa statusa skats*

**Ženēvas emociju aplis** – Ženēvas Universitātes Emociju pētniecības centrā izstrādāta Emociju aptauja [6], kas integrēta lietotnes skatā. Aptauja prasa lietotājus norādīt emociju intensitātes viņu dzīvē pēdējā laikā. Interaktīvais rīks ar interesantu noapaļotu aptauju, kura dizains un funkcionalitāte tika paņemti no oriģināla Ženēvas emociju apla papīrveida testa (att. 3.16.).

## Ženēvas emociju aplis

Lūdzu, norādiet emociju(-as), kuras jūs esta izjūti/usi pēdējo 2 nedēļu laikā, un to intensitāti. Noklikšķiniet uz mazākiem apliem, lai norādītu zemāku intensitāti, un uz lielākiem apliem - lielāku intensitāti. Ir papildus iespēja pievienot savu emociju, nospiežot pogu 'cita'.



### Att. 3.16 Emocija aptaujas skats

Uzspiežot uz iesniegšanas pogu, tā paliek pelēkta un parādās ielādēs indikators (att. 3.17.). Tas strādā ar visiem testa rezultātu iesniegšanas pogām, lai parādītu lietotnes atbildi uz lietotāja mijiedarbību.



### Att. 3.17 Pogas datu iesniegšanas brīdī

Arī uzreiz pēc testa izpildīšanās, statusa lapa atjauninājās, un atveras nākamais uzdevums. Ir svarīgi uzsvērt, ka katrā brīdī lietotājam ir pieejams izpildei tikai viens konkrēts tests un citiem testiem lietotājam nav pieklūves (att. 3.18.).

## Eksperimenta statuss

Lai pabeigtu eksperimentu, izejiet cauri katram vingrinājumam:

- ✓ **EMOCIJAS**  
Emocijas un jūtas, ko esat piedzīvojis pēdējo 2 nedēļu laikā
- » **OBJEKTU ROTĀCIJA**  
Atklājiet savas mentālas rotācijas spējas
- ⌚ **VESELĪBA UN DEPRESIJA**  
Jūsu veselības un depresijas stāvoklis

### Att. 3.18 Status skats pēc emocijas aptaujas izpildes

**Mentālas rotācijas testu saraksts** – saraksts ar visiem iepriekš saģenerētiem testiem. Teksts ekrānšāviņā rekomendē sākt izpildi no apmācības testa.

## OBJEKTU ROTĀCIJA

Lūdzu, sāciet ar apmācību, lai izprastu objektu rotācijas specifiku.  
Tad turpiniet ar īstu vingrojumu!

### APMĀCĪBA (3 UZDEVUMI)

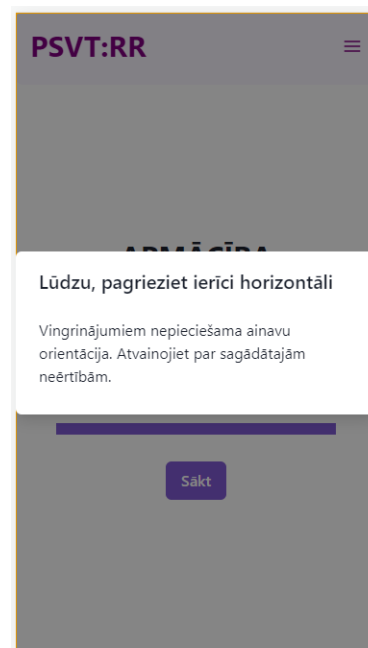
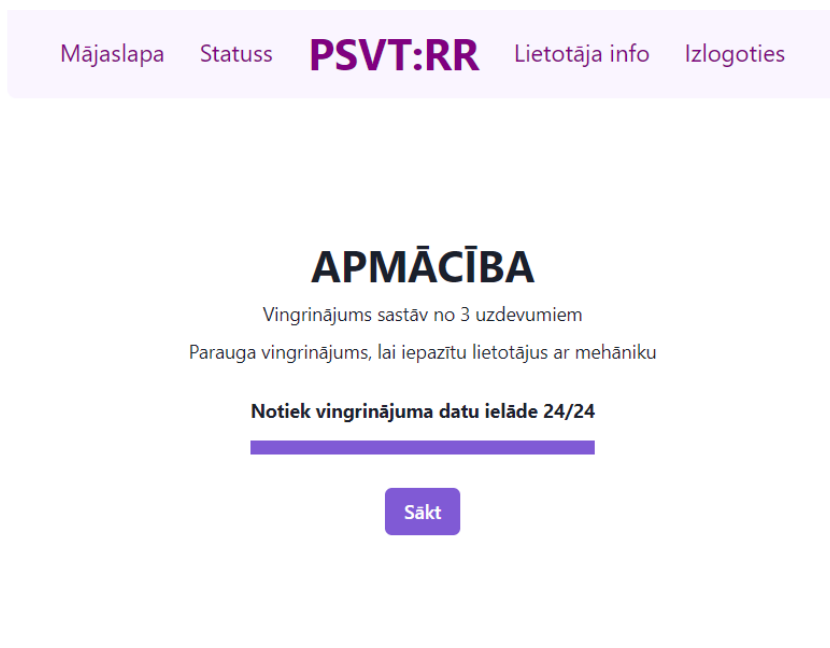
Parauga vingrinājums, lai iepazītu lietotājus ar mehāniku

### 4. VINGRINĀJUMS - 7 BLOKI (18 UZDEVUMI)

Vingrinājums iekļauj 3D objektus, kas tika sagenerēti vienā plaknē (2D).

### Att. 3.19 Mentālas rotācijas testu saraksta skats

**Mentālas rotācijas testa detaļas** – parāda testa nosaukumu, aprakstu un parādā slīdni testa ielādēs progresam. Tajā brīdī fonā lādējās visi attēli, lai tie būtu momentāni pieejami testēšanas laikā un saglabātu rezultātu precīzumu (att. 3.19.). Arī šajā ekrānā mobilās ierīcēs parādās paziņojums, lai lietotāji pagrieztu telefonu ainavu orientācijā ērtai testu izpildīšanai.



### Att. 3.20 Mentālas rotācijas testa detaļas skats (datora un mobilā versijas)

**Mentālas rotācijas tests** – apmācības testam atvērās interaktīva apmācība, kas rāda, kādā veidā izpildīt testu ar konkrētām instrukcijām uz piemēriem (att. 3.21, 3.22).



*Att. 3.21* Mentālas rotācijas testa skats - interaktīvais apmācības tests

Uzdevums: Izvēlēties figūras novietojumu pēc rotācijas, lai tā būtu pagriezta tāpat, kā kreisā augšējā ir pagriezta uz labo augšējo.

ir pagriezts

kā ir pagriezts

References objekts tiek parādīts pirmajā rindā gan pirms (kreisajā pusē), gan pēc (labajā pusē) rotācijas.

Šajā gadījumā tā ir viena 90 grādu rotācija pretpulksteņrādītāji virzienā.

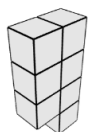
izlaist atpakaļ **nākamais (2/5)**

1 2 3 4 5

**Att. 3.22 Mentālas rotācijas testa skats - interaktīvais apmācības tests 2**

Attēlā 3.23. ir attēlots īstais mentālas rotācijas tests, kas seko apmācībai. Šajā gadījumā augšējā labajā stūrī nerādās atbildes, lai neietekmētu uz lietotāja rezultātiem. Arī papildus tika pievienots testa apraksts speciāli priekš klīniskas grupas dalībniekiem (att. 3.23.).

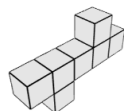
Uzdevums: Izvēlēties figūras novietojumu pēc rotācijas, lai tā būtu pagriezta tāpat, kā kreisā augšējā ir pagriezta uz labo augšējo.



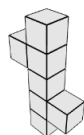
ir pagriezts



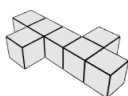
kā



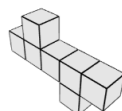
ir pagriezts



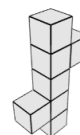
1



2



3



4



5

Att. 3.23 Mentālas rotācijas testa skats - testa izpilde

**Testa rezultātu / izpildīšanas skats** – testa rezultāti ir apkopoti tabulā un parādās tikai pēc apmācības testa. Īstiem testiem ir vienkāršais brīdinājums un uzmundrinājuma teksts par testa pabeigšanu (att. 3.24.).

## Urrā! Vingrinājums pabeigts!

### Jūsu rezultāti:

UZDEVUMA NR.	LAIKS (S)	PAREIZI
1	1,635	NĒ
2	663	NĒ
3	189	NĒ
<b>KOPĀ:</b>	<b>2,487 s</b>	<b>0/3</b>

Atgriezies pie īstā vingrinājuma

Att. 3.24 Testa rezultātu skats (pēc apmācības testa)

**Labsajūtas aptauja (depresijas PHQ-9 tests)** – izskatās kā parasta aptauja un nesatur nekādus papildus elementus, lai ļautu lietotājam mierīgi izlasīt un atbildēt uz jautājumiem (att. 3.25.).

## Veselība un depresija

Lūdzu, atbildiet uz jautājumiem, lai labāk izprastu savu veselības un depresijas stāvokli.

Maza interese vai prieks darīt lietas? \*

- Nemaz
- Dažas dienas
- Vairāk nekā pusi laika
- Gandrīz visu laiku

Vai jūtaties nomākts, nomākts vai bezcerīgs? \*

- Nemaz
- Dažas dienas
- Vairāk nekā pusi laika
- Gandrīz visu laiku

Grūtības iemigt vai palikt aizmigt, vai pārāk daudz gulēt? \*

- Nemaz
- Dažas dienas
- Vairāk nekā pusi laika
- Gandrīz visu laiku

### Att. 3.25 Depresijas aptaujas daļa

Kā pēc kārtēja testa izpildes, status skats atjaunina progresu radītāju. Šoreiz visi testi ir pabeigti, tāpēc kā bonuss tiek atsoguļotas konfeti uz visa ekrāna ar intervālu 2 sekundes (att.3.26).

Tā ir sava veida balva par labi padarītu darbu.



*Att. 3.26 Statusa skats pēc eksperimenta izpildīšanās - konfeti svinības*

**Lietotāja informācijas skats** – vēl viens svarīgs skats ir lietotāja informācija skats. Pirmkārt, tajā var redzēt visas ievadītas datus par lietotāju. Otrkārt, kļūdas gadījumā tos var rediģēt. Un galvenais iemesls lapai – parādīt lietotājam savu identifikatoru (att. 3.27.). To var nosūtīt priviliģētai personai (piemēram, savam ārstam), lai paskatītos izpildītāja datus un nolemtu tālākas darbības. Papildus tam, ir parādīts informācijas skats uz mobilā telefona. Visi skati ir adaptīvi, lai testu varētu pildīt uz visām ierīcēm.

## Lietotāja informācija:

Jūsu ID ir **cl3p8wtcv000609l1zn6d3t6o**

**Vārds:** Dmitry Voronov

**E-pasts:** vdmitry@gmail.com

**Vecums:** 15

**Dzimums:** Male

**Nodarbošanās:** 235235

**Akadēmiskā joma:** 235235

Rediģēt

**PSVT:RR** ☰

### User information:

**Your id is**  
**cl3p8wtcv000609l1zn6d3t6o**

**Name:** Dmitry Voronov  
**Email:** vdmitry@gmail.com  
**Age:** 15  
**Gender:** Male  
**Occupation:** 235235  
**Academic field:** 235235

Change

Att. 3.27 Lietotāja informācijas skats (datora un mobilā versijas)

### 3.2.5.5 Skati privilēģētiem lietotājiem

**Izvēlne** – satur saites uz vairākiem nozīmīgiem skatiem (att. 3.28.).

# Mental rotation digital test

Welcome to digitalized configurable PSVT:R. Get started by visiting the following links:

<b>Full test</b> Pass the entire exercise	<b>Configuration builder</b> Build your own configuration
<b>Dynamic test</b> Test your mental rotation abilities	<b>Task creator</b> Test your mental rotation abilities
<b>User data</b> Check user data	<b>Object rotation test</b> Complete object rotation test and get the score
<b>Emotion test</b> Complete emotion wheel test	<b>User details</b> Complete user details form and get the score
<b>Psychological test</b> Complete psychological test and get the score	<b>User info</b> Check your user info
<b>Sing in</b> Sing into your account	



Made by **Dmitry Voronov**

## Att. 3.28 Izvelnes skats

**Rezultātu atskaites izvēle** – viens no tādiem skatiem, kur var izsekot lietotāja datus pēc identifikatora (att. 3.29.). Uzspiežot uz vienu no saitēm atvērās vēlama lapa ar datiem.

## User data

cl3o|

1. cl3o6cj9g000609mjklmty4is
2. cl3o8515q008309jv9roeoc5q
3. cl3o85fxy013909jv77pr43wq
4. cl3o85nii019709jvzgwfvmp6
5. cl3o8iz19017009incvm248fe
6. cl3od40ja000409mnf9258q28
7. cl3oi18a9000409mas0w3ze5q
8. cl3oji2yv007209mmfaw6anpq
9. cl3ojqbo2002709mcydznx2p0
10. cl3omqiz300060ajydiqe3pj8
11. cl3opyo3a000409jxod59nje0
12. cl3oqhxxd012209jxz6o6n7ti
13. cl3org20f000609mb8uu5rv3d

### *Att. 3.29* Rezultātu atskaites izvēles skats

**Lietotāja rezultātu atskaite** – parāda galveno informāciju par lietotāju, slēpjot tādu sensitīvu informāciju kā vārds un e-pasts (att. 3.30., 3.31.).

# User data

## User info

```
{  
  "id": "c13o8515q008309jv9roeoc5q",  
  "testGroup": 4,  
  "age": 30,  
  "gender": "Male",  
  "occupation": "Elektriķis",  
  "academicField": "Elektriķis",  
  "isRightHanded": true,  
  "hasAgreedToPolicy": true,  
  "hasNeurodegenerativeIllnesses": "Another"  
}
```

---

## Emotions

**Positive Valence:** 32

**Negative Valence:** 23

**High Control/Power:** 34

**Low Control/Power:** 21

---

*Att. 3.30* Lietotāju rezultātu atskaites skats – detaļas un emociju analīze

## Mental rotations

### Your results:

TASK NO.	TIME (SEC)	CORRECT
1	55,557	YES
2	24,556	YES
3	9,386	YES
4	50,130	YES
5	12,295	YES
6	53,806	YES
7	101,899	YES
8	14,882	YES
9	27,227	YES
10	16,665	YES
11	29,368	NO
12	60,929	YES
13	68,892	YES
14	32,514	YES
15	47,012	YES
16	7,998	YES
17	11,322	YES
18	17,044	NO
<b>TOTAL:</b>	<b>641,482 sec</b>	<b>16/18</b>

## Depression

Your score is: 12

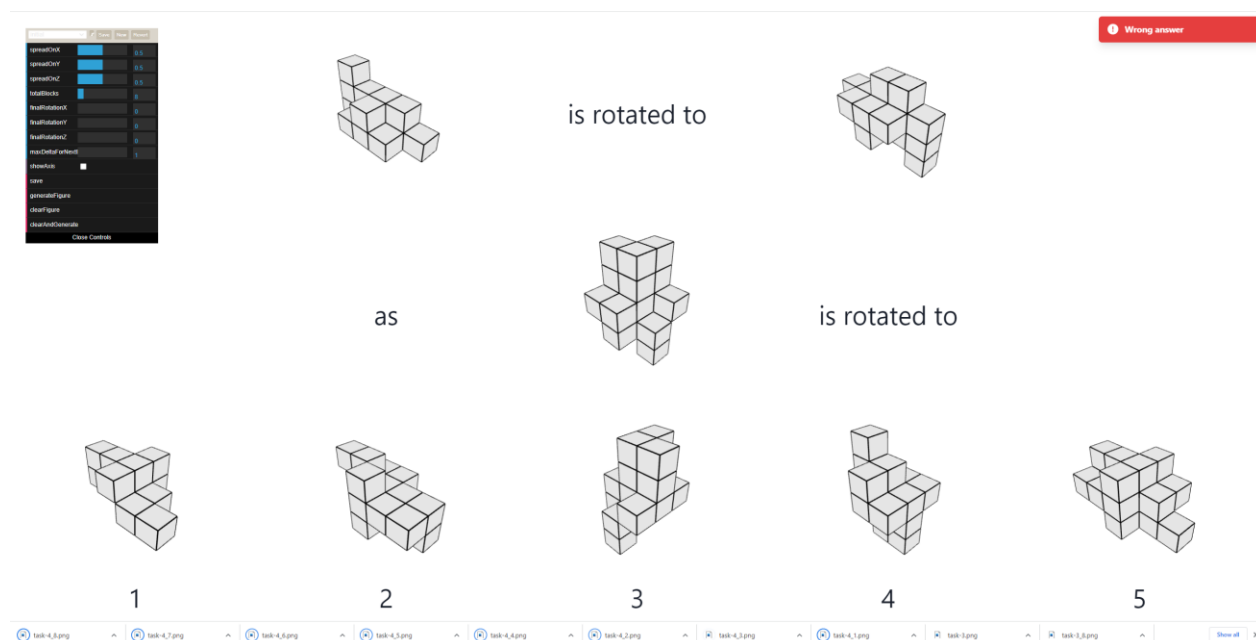
Scores 10-14 suggest moderate depression severity; patients should have a treatment plan ranging from counseling, followup, and/or pharmacotherapy.

[Go back](#)

### Att. 3.31 Lietotāju rezultātu atskaites skats – mentālas rotācijas un depresijas testu rezultāti

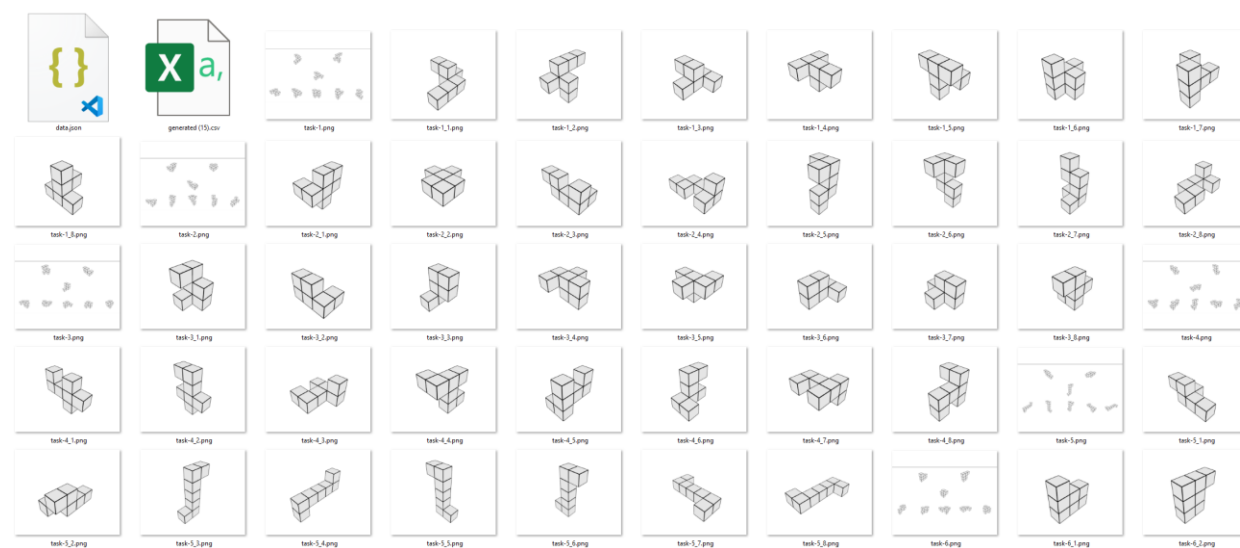
**Mentālas rotācijas testa uzdevumu ģenerators** – skats ir bāzēts uz dinamiska testu ģenerēšanas skata, kas līdzīgā veidā ļauj uzstādīt konfigurāciju un apskatīt testu. Tomēr šis skats reaģē uz peles klikšķi uz objekta vai klaviatūras ciparu pogu (no 1 līdz 5) klikšķi un lejupielādē

katru attēlu atsevišķi, kā arī visu uzdevumu kopā – pievērsiet uzmanību pārlūkprogrammas lejupielādētiem failiem pašā apakšā (att. 3.32).



Att. 3.32 Mentālas rotācijas testa uzdevumu ģenerators

Skats ļauj izlaist kādu konkrētu uzdevumu (spiežot pogu “s”) un arī saglabāt visu informāciju par lejupielādētiem testiem .csv vai .json (Att. 3.33.). Vēlāk, caur speciālu utilītu, var padot konfigurāciju un attēlus, lai tā saģenerētu veselu testu, kas būtu pievienots sistēmai.



Att. 3.33 Saģenerēti uzdevumi

### **3.3 Darba organizācija**

#### **3.3.1 Komanda**

Gan kursa darba, gan bakalaura darba ietvaros autors cieši strādāja ar darba vadītāju - prof., dr. phil. Jurgī Šķilteru, Psiholoģijas, datorikas un komunikācijas nozaru ekspertu Latvijas Zinātnes padomē, Uztveres un kognitīvo sistēmu laboratorijas vadītāju.

Paša bakalaura darba sākumā darba vadītājs iepazīstināja autoru ar sekojošiem jomas ekspertiem tālāka ekspertu intervijām:

- Līga Zariņa – Latvijas Universitātes Datorikas fakultātes asoc. prof., pētniece, eksperte morfometrijas un matemātiskās analīzes un statistikas jautājumos attiecībā uz telpiskiem ķermeņiem.
- Solvita Umbraško – vadošā pētniece, docente, psiholoģe PPMF un pieredzējusi eksperte kvantitatīvo un psihometrisko metožu jautājumos.
- Dr. Jānis Mednieks – PSKUS neirologs, RSU Neuroloģijas un neiroķirurģijas katedras asistents, RSU doktorants, Veselības centru apvienības Neuroloģijas dienesta vadītājs, viens no vadošajiem Latvijas neirologiem.

#### **3.3.2 Komunikācija ar komandu**

##### **3.3.2.1 Rīki**

Visa komunikācija notika attālināti – zvani, tiešsaistes tikšanās un e-pasta sarakstīšanas. Katru reizi, plānojot attālinātu sarunu, autors kalendārā pievienoja notikumu ar nelielu aprakstu, atzīmēja vajadzīgo personu kā obligātu sarunas dalībnieku, bet visus pārējus - kā neobligātus. Tādā veidā autors nodrošināja caurspīdīgo komunikāciju un produkta lēmumus. Pēc sarunas, ja parādījās svarīgais paziņojums, autors dalījās ar to rakstiskā veida ar komandas biedriem. Momentos, kad jautājumi nebija pārāk svarīgi kopīgai diskusijai, autors sarunājās privāti tikai ar darba vadītāju, lai netraucētu ekspertus.

##### **3.3.2.2 Intensitāte un mērķi**

Uzreiz pēc iepazīšanās ar ekspertiem, autors sakontaktējās ar katru no viņiem un parādīja prototipu, lai dabūtu atgriezenisko saiti un formulētu tālākas prasības. Tālāk autors regulāri sazinājās ar darba vadītāju, lai koriģētu darba virzienu.

Papildus tam tika izveidota kopīga e-pasta saruna ar darba vadītāju un ekspertiem, kur tika piedāvāta iespēja apspriest svarīgus jautājumus kopīgi. Tas ļāva visiem komandas biedriem iesaistīties ērtajā laikā sarunā, komentēt, koriģēt domas gājienus vai parasti iepazīties ar aktuālu informāciju un darba statusu. Tādā veidā darbs tika organizēts līdz pašam beigām. Papildus tam, darba vadītājam regulāri tika demonstrēti svarīgāki posmi darba izstrādē tiešsaistes zvanā, rādot ekrānu.

Kad rīks tika uztaisīts līdz galam un tika palaists datu savākšanai, tad autors intensīvāk sastrādājās ar ekspertiem, lai saprastu, kādā veidā analizēt datus. Arī autors sarunājās ar ekspertiem par klīnisko grupas dalībnieku piesaisti otram testēšanas etapam.

### 3.3.3 Izstrādes procesa organizācija

#### 3.3.3.1 Spējā izstrāde

Izstrādē tika pielietots iteratīvais spēju izstrādes modelis (*angl. Agile*), bet bez fiksētām iterāciju garumiem. Salīdzinoši ūdenskrituma modelim, Agile ir daudz elastīgāks, tāpēc daudz piemērotāks šī projekta tipam, kad prasības nav līdz galam zināmas, kad tiek taisīts inovatīvs produkts un tiek konstanti ieviestas korekcijas ar katru jaunu iegūto informācijas vienību.

#### 3.3.3.2 Projektu vadības rīki

Projektu vadības organizācijai tika pielietoti pārsvara divi rīki:

- **Trello**, kas ir Kanban-līdzīga sistēma ar kartiņām, kura palīdz organizēt darbu, veidojot kategorijas, tad piesaistot tām funkcionalitāti un pievienojot uzdevumus, formulētus no gala lietotāja perspektīvas (*angl. user stories*). Uzdevumi vēlāk tiek atspoguļoti uz kartiņām, kurus var pārvietot pa kolonām. Katra kolona, savukārt, reprezentē uzdevuma statusu - rezerves (*angl. backlog*), gatavs darbam (*angl. ready*), procesā (*angl. in progress*), gaida (*angl. waiting*), izpildīts (*angl. done*) u.c.. Projektā sākumā, kad bija vairāki uzdevumi, rīks palīdzēja novērot projekta statusu, vieglāk orientēties uzdevumos un novērtēt izpildes laiku.
- **OneNote** - piezīmju veikšanas lietotne. Vienā brīdī projekta palika konkrēti lieli uzdevumi, kurus bija sāki jāsadala uz mazākiem. Arī bija svarīgi saglabāt piezīmes par konkrētām lietām, dažreiz arī bildes formatā vai pat kā kodu, lai atgrieztos pie tam sekojošās iterācijās. Trello rīkam katra apakšuzdevumam būsu jāizveido atsevišķu karti, kas liekas pārspīlēti, kā arī kanban nebija domāts pierakstu

saglabāšanai (izņemot komentāru sekciju), tāpēc tika nolemts pielietot piezīmju veikšanas lietotni. Tajā bija iespēja veidot ligzdstruktūras sarakstus ar vajadzīga tipa saturu un katram pierakstam pielikt klāt izvēles rūtiņu, tādējādi izsekojot progresam.

### **3.3.3.3 Versiju kontroles sistēma**

GIT un Gitbub (pakalpojumu sniedzējs) ar galveno produkcijas zaru (*angl. branch*) un papildus jauno funkciju zariem. Visa svarīga funkcionalitāte tika izveidota zaros, tad tika sapludināta ar galveno zaru. Tādā veidā tika pievienota jauna funkcionalitāte.

### **3.3.3.4 Nepārtraukta piegāde**

Nepārtraukta piegāde tika realizēta ar mākoņa platformas palīdzību - Vercel. No sākuma rīks tika savienots ar projektu Github platformā. Tad tas novēroja funkcijas zara atgādāšanas pieprasījumus (*angl. pull requests*) un automātiski veidoja un izvietoja izstrādātajā vidē kodu ar jauno funkcionalitāti. Šādi autors varēja, pirmkārt, pārlicināties, ka programmatūra strādā, un otrkārt, izmēģināt jaunu funkcionalitāti. Līdzīgais process notika atgādāšanas pieprasījuma saplūdināšanās brīdī (*angl. merge*), tikai tajā gadījumā lietotne tika izvietota jau produkcijas vidē, kura bija publiski pieejama. Ir svarīgi pieminēt, ka lietotnes veidošanās laikā, atjauninājot produkcijas vidi, veca versija netika aiztikta, bet uzreiz aizstāvēta, kad jaunā versija palika gatava. Tas nodrošināja dīkstāves laiku tuvu nullei.

### **3.3.3.5 Automatizēta testēšana**

Automatizēta testēšana netika ieviesta, jo prototipēšanas brīdī un minimāla darbaspējīga produkta izstrādes laikā galvenais fokuss tiek pievērst ātrākai produkta piegādei. Šādos apstākļos pārklāt programmatūru ar testiem nav iespējams. Pie tam, strauji mainīgās prasībās ir grūti saprast, kas nākamajā iterācijā būs vajadzīgs, un kas - nē, lai nerakstītu liekus testus. Pie tam, dotajos apstākļos, kamēr izstrādājams produkts nav bagāts ar funkcijām, ir daudz efektīvāk pielietot manuālu testēšanu, jo tā neaizņem daudz laika. Beigās, izstrādājama sistēma nav banku sistēma vai valsts reģistrs, kur katras operācijas neveiksme varētu izraisīt būtisku un neatgriezenisko kaitējumu. Tajos gadījumos katrai funkcijai jābūt 100% pārklātai ar vienības testiem. Šīs sistēmas gadījumā pietika ar manuālu testēšanu.

## 3.4 Tehnoloģijas

### 3.4.1 Projektā pielietotas tehnoloģijas un programmēšanas valodas - pārskats

Galvenās projektā pielietojamas tehnoloģijas un valodas tika izvēlētas plānošanas un prototipēšanas stadijā kursa darbā:

- HTML + CSS + Typescript
- Next.js – risinājums, kas pielieto React.JS bibliotēku. Servera pusē ir Node.js, kas ir ideāli savietojams ar React.js un paplašina kopīgo risinājumu ar progresīviem kešatmiņas mehānismiem.
- Babylon.js – atvērta koda programmatūra ir atsevišķa bibliotēka, trīsdimensionālais grafiskais dzinējs internet pārlūkam, uzrakstīts Typescript valodā. Tika pielietots 3D testa objektu dinamiskai ģenerēšanai pēc noteiktas konfigurācijas.
- ChakraUI – stilizācijas rīks un komponentu bibliotēka, lai vieglāk taisītu adaptīvu dizainu.
- SQL – PostgreSQL vaicājumu rakstīšanai priekš datu analīzei.
- Prisma – datu bāzes ORM sistēma, datu bāzes shēmas definēšanai. Pielietota arī lietotnē vaicājumu rakstīšanai.

### 3.4.2 Vietnes mitināšanas sistēma

Vercel tika izvēlēts kursa darba ietvaros, jo piedāvāta mākoņa infrastruktūra ļāva autoram ātri, viegli un efektīvi izstrādāt lietotni, kā arī mitināt tas bezmaksas. Papildus tam, Vercel tika speciāli dibināts, lai ideāli integrētos ar next.js projektiem. Tas piedāvā gan automātisko kešatmiņas mehānismu, gan testēšanas un produkcijas vides konfigurāciju un mitināšanu, gan notikumu reģistrēšanu.

### 3.4.3 Datu bāzes izvēle

#### 3.4.3.1 Pamatojums relāciju datu bāzes izvēlei.

- Savākti dati ir labāk reprezentējami atsevišķās tabulās – tabula priekš testiem, cilvēkiem, cilvēku papildus informācijai, aptaujām. Tad var taisīt efektīvus vaicājumus katrai tabulai atsevišķi (priekš attiecīgiem skatiem), kā arī vairākām tabulām kopā.

- Gandrīz visa datu struktūra ir zināmā no paša sākuma.
- Modernizēta SQL datu bāze ļauj glabāt datus JSONb formātā, kas ir aktuāli gadījumos, kad konkrētu entītiņu dati izstrādes laikā mainās, evolucionē.
- Ir pieejama bezmaksas mitināšanai. Autoram ir liela pieredze ar SQL datu bāzēm, īpaši sarežģītus vaicājumu rakstīšanā. Pretstatā, NoSQL datu bāzēm kolekciju savienošanai kopā ir kartēšanas-apvienošanas (*angl. map-reduce*) metodes, kuras nav tik vieglas lietošanai.

### 3.4.3.2 Objektu relāciju kartēšana (ORM) rīki.

- Abstrakcijas līmenis virs datu bāzes, lai nebūtu atkarīgām no konkrētu datu bāžu risinājumā.
- Viegli pielietojams un efektīvs rīks, kas krietni paātrina izstrādes procesu.
- Viens no rīkiem, kas pēdējā laikā kļuva populārs un plaši pielietojams, izstrādājot lietotnes priekšgala un aizmugures sistēmas, it īpaši Vercel un next.js ekosistēmā.
- Rīks automātiski ģenerē tipus aprakstītām entītijām, kuras var pielietot Typescript projektā.

### 3.4.3.3 Datu bāzes mitināšana

#### Sākotnējais variants - Heroku.

Viegli konfigurējams, bezmaksas datu bāzes mitināšanas variants, kas der pašam sākumam, kad sistēmu pielieto vienlaicīgi tikai pāris lietotāji. Palaišanai produkcijas vidē ar vairākiem lietotājiem vajadzēja spēcīgāku rīku, jo bezmaksas mitināšanai eksistēja tādi ierobežojumi, kā vienlaicīgu savienojumu skaits, kas bija 20. Tādu funkciju projektā bija daudz, tāpēc dažreiz arī savienojumu daudzums, skatoties mērinstrumentu panelī būtiski pieauga.

Autors uztraucās par to, ka lietotne produkcijas režīmā ar vairākiem lietotājiem varētu sasniegt limitu un neļautu citiem lietotājiem pildīt testu, tāpēc tika nolemts samainīt mitināšanas pakalpojumu sniedzēju.

#### Gala variants - Amazon RDS (relāciju datu bāzes sistēma)

Amazon RDS ir labāks bezmaksas piedāvājums, kuram nebija tik daudz ierobežojumu. Iekšēji iepriekšējais mitināšanas serviss pielietoja Amazon, tāpēc kvalitāte palika tāda pati, tikai

tagad sistēma lietoja Amazon pa taisnu. Arī praksē Amazon RDS serviss parādīja sevi kā labākais rīks datu bāzes pārraudzīšanai, jo ir vairāk konfigurējams un atklātāks.

#### **3.4.3.4 Datubāzes integrēta izstrādes vide**

Autors pielietoja starpplatformu datubāzes integrēto izstrādes vidi (IDE) datu apkopei un vaicājumu izveidei - DataGrip. Autors uztaisīja reāllaika savienojumu ar datu bāzi un katru brīdi, palaižot vaicājumus, bija pārlicināts, ka pieprasīti dati ir jaunāki.

Papildus tam, rīks ļāva ērti strukturē vaicājumus, izvilkta no tiem funkcijas un pielietot tos vairākos vaicājumos (1. pielikums).

Vēl viena patīkama rīka funkcija bija datu importēšana un eksportēšana. To autors bieži pielietoja pēdējās iterācijās (skatīt sadaļu 3.5.1), kad notika datu analīze.

#### **3.4.3.5 Datu analīzes rīks**

Autors analizēja eksportētus datus un veica statistisko analīzi un grafisko reprezentāciju SPSS un Excel rīkos. Ar SPSS rīku autors nekad nedarbojās, tomēr ar kvantitatīvo un psihometrisko metožu eksperta palīdzību apguva pamatus un paveica analīzi.

Excel rīks pārsvari tika pielietots datu formatēšanai un pārstrukturēšanai, kā arī grafiku izveidei.

### **3.4.4 Pieteikšanas servisi un to konfigurācijas**

Next.js projektiem ir atsevišķais modulis atbildīgs par autentifikāciju – Next-Auth. Tas piedāvā ātru integrāciju ar vairākiem pieteikšanas servisiem. Kā mūsdienās populārus servisius autors izvēlējās Google un Facebook. Lai pieslēgtu abas platformas pieteikšanas sistēmā autors izveidoja izstrādātāja kontus abās sistēmās un pievienoja mentālas rotācijas tīmekļa projektu, ievadot informāciju par lietotni. Tas deva autoram iespēju saņemt privātas atslēgas priekš lietotni, kuri tika pievienoti autentifikācijas moduļim.

Risinājuma demonstrācija darba vadītājam pacēla diskusiju par pievienošanu papildus pieteikšanas opciju ar e-pastu un paroli, jo vecākiem cilvēkiem no klīniskas grupas varētu nebūt citu kontu, kā arī dažiem lietotājiem nebūtu velmes pieslēgties ar Google vai Facebook. Tā kā Next-Auth autori brīdināja, ka labāk izvairīties no paroles saglabāšanu datu bāze drošības risku dēļ [7], autors atrada vēl vienu opciju, kura ļāva dabūt vēlamo rezultātu caur savu servisu – OAuth. Autors izgāja cauri līdzīgam procesam, kā ar pirmiem servisiem, tikai šoreiz OAuth pakalpojumu sniedzējs nodrošināja ne tikai privātu atslēgu, bet integrēto datu bāzi, kurā glabājās visu pierēģistrēto caur e-

pastu cilvēku pierakstīšanas informācijas. Tas ir daudz drošāk, jo servisam ir sava infrastruktūra, speciāli domāta sensitīvu datu glabāšanai.

## **3.5 Izstrādes process**

### **3.5.1 Iterācijas**

#### **1. iterācija - prasību definēšana**

- Autors izveidoja datu savākšanas mehānismu no dinamiska testa (bez datubāzes) un saskaņoja, kādus datus saglabāt.
- Saskaņa ar darba vadītāju un jomas ekspertu komentāriem, autors definēja jaunas prasības lietotnei.
- Informācijas apguve, iepazīšanās ar tehnoloģijām.

#### **2. iterācija - testa uzdevumu ģenerators**

- Savāktas informācijas pārstrukturēšana.
- Informācijas savākšanas mehānisma uzlabošana.
- Eksistējoša dinamiska mentālas rotācijas testa skata pārveidošana un testa uzdevumu ģeneratoru.

#### **3. iterācija - datu bāze, autorizācija**

- Datu bāzes izveidošana un mitināšana.
- Datu bāzes integrācija projektā, ORM sistēma
- Datu bāzes shēmas izveidošana priekš lietotāja autorizācijas
- Autorizācijas pievienošana caur Google un Facebook.
- Servera funkciju pievienošana

#### **4. iterācija - formas, aptaujas**

- Tika Integrēta lietotāju detaļas forma kopā ar privātuma politiku.
- Abu aptauju pievienošana, dizains.

- Datu bāzes shēmas papildināšana priekš aptaujām

#### **5. iterācija - ģenerēto testu skati, testu pievienošanas serviss**

- Skatu izveidošana, kas rada visus saģenerētus testus, kas atrodas datu bāzē
- Skatu izveidošana konkrētām testam
- Datu bāzes shēmas papildināšana priekš mentālas rotācijas testiem
- Datu bāzes servisa pievienošana, kas ļauj ielādēt iepriekš saģenerētus testus datu bāzē.

#### **6. iterācija - lietotāja lomas, statusu skats, autorizācija**

- Kodu pārstrukturēšana.
- Lietotāju lomu pievienošana - parastais un eksperts (medicīnas personāls, zinātnieks, datu analītiķis)
- Datu bāzes shēmas papildināšana ar lietotāju lomām
- Statusu skata pievienošanas, kur parādīti visi lietotāja izpildīti un neizpildīti testi, aptaujas.
- Autorizācijas pievienošana caur e-pastu

#### **7. iterācija – skatu savienošana, skatu piekļuves politika**

- Skatu savienošana kopā caur statusu lapu
- Labas pārbaude uz statusu. Ja noteikts status neder, tad lietotājs automātiski tiks novirzīts uz atbilstošu lapu.

#### **8. iterācija - dizains, testa pamācības integrēšana,**

- Vienotas dizaina sistēmas ieviešana, galvenes un kājenes pievienošana.
- Pamācības rīka priekš mentālas rotācijas testēšanai meklēšana, integrēšana un testēšana
- Lietotnes kopēja testēšana

### **9. iterācija - datu bāzes mitināšanas maiņa, adaptīvais dizains**

- Mitināšanas sistēmu izvērtēšanai, datu bāzes pārlikšana uz citas mitināšanas sistēmas
- Lietotnes stilizācijas mobilām ierīcēm un planšetdatoriem.
- Testēšana

### **10. iterācija - pilot-testēšana, kļūdu labošana**

- Lietotnes palaišana produkcijas vidē
- Pirmo lietotāju pilot-testēšana, novērošana. Funkcionalitātes pielāgošana
- Kļūdu labojums

### **11. iterācija - kontroles grupu testēšana, datu analīze**

- Lietotnes izplatīšana pa vairākiem kanāliem starp pazīstamiem cilvēkiem
- Iegūtu datu apskats, datu modeļa koriģēšana
- Datu analīze

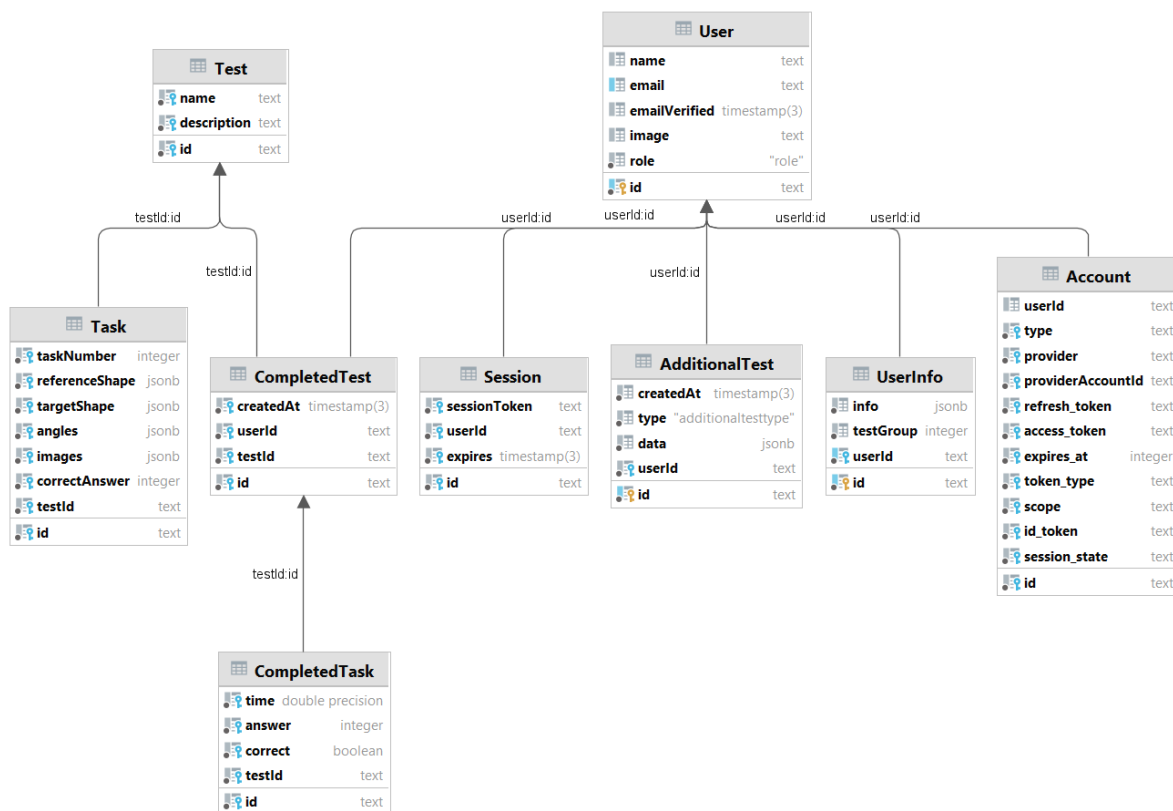
### **12. iterācija - klīniskas grupas testēšana, privilēģēto lietotāju skati**

- Testa izvēle priekš klīniskas grupas, testa koriģēšana, testa palaišana.
- Datu skata izveidošana privilēģētiem lietotājiem

### **13. iterācija - kontroles un klīnisko grupu datu analīze**

- Kontroles grupas savāktu datu analīze.
- Visu testu datu saplūšana, kopēja analīze un salīdzināšana
- Rezultātu apkope

### 3.5.2 Datu modeļa izveide



Att. 3.34 Datu modelis - PostgreSQL

Pēc iterācijas aprakstiem ir saprotams, ka datu bāzes modelis (att. 3.34.) evolucionēja pakāpeniski kopā ar pašu lietotnes risinājumu. Sākotnēji datu bāze saturēja tikai tabulas, kas bija vajadzīgas priekš lietotāja pieteikšanas – sesijas (*angl. Session*), konta (*angl. Account*) un lietotāja (*angl. User*) tabulas. Vēlāk datu bāzes shēma tika papildināta ar aptaujas entītiji (*angl. AdditionalTest*) un lietotāja informāciju (*angl. UserInfo*). Pēc tam, kad tika implementēta funkcionalitāte priekš mentālas rotācijas testiem, tika pievienotas pārejas tabulas.

Viens no PostgreSQL datu bāzes iezīmēm, kas palīdzēja tik elastīgi mainīt datu bāzes shēmu, ir JSONb datu tipu atbalsts. Aplūkojot datu modeli, var redzēt, ka JSONb tips tika pielietots gan aptaujas, gan lietotāja informācijas, gan mentālas rotācijas testa entītijās. Autors pašā sākumā definēja attiecīgas entītijas ar vienu vai vairākiem JSONb tipa laukumiem, kur glabāja mainīgo informāciju. Tas ļāva autoram lietotnes jaunajās versijās mainīt saglabātus datus, nemainot datu bāzes shēmu. Tādā veidā autors arī glabāja abas aptaujas – par emocijām un par depresiju – zem vienas aptauju entītijas, kaut gan saglabātie dati krietni atšķiras (att. 3.35.).

type	data
1 EMOTION_WHEEL	{"Bauda": 5, "Kauns": 1, "Naids": 1, "Vaina": 2, "other": "", "Bailes": 2, "Dusmas": 3, "Prieks": 5, "Lepnums": 5,
2 PHQ9	{"0": 2, "1": 1, "2": 3, "3": 1, "4": 1, "5": 1, "6": 1, "7": 0, "8": 1, "total": "11"}
3 EMOTION_WHEEL	{"Bauda": 5, "Kauns": 0, "Naids": 0, "Vaina": 0, "other": "", "Bailes": 0, "Dusmas": 5, "Prieks": 0, "Lepnums": 5,
4 EMOTION_WHEEL	{"Bauda": 0, "Kauns": 0, "Naids": 5, "Vaina": 5, "other": "", "Bailes": 0, "Dusmas": 5, "Prieks": 0, "Lepnums": 0,
5 PHQ9	{"0": 1, "1": 1, "2": 1, "3": 1, "4": 1, "5": 1, "6": 1, "7": 1, "8": 0, "total": "8"}
6 PHQ9	{"0": 0, "1": 0, "2": 0, "3": 0, "4": 0, "5": 2, "6": 1, "7": 1, "8": 1, "total": "5"}
7 EMOTION_WHEEL	{"Bauda": 0, "Kauns": 5, "Naids": 0, "Vaina": 0, "other": "", "Bailes": 0, "Dusmas": 4, "Prieks": 5, "Lepnums": 0,
8 EMOTION_WHEEL	{"Bauda": 5, "Kauns": 2, "Naids": 1, "Vaina": 4, "other": "", "Bailes": 1, "Dusmas": 5, "Prieks": 5, "Lepnums": 5,
9 EMOTION_WHEEL	{"Bauda": 5, "Kauns": 2, "Naids": 2, "Vaina": 2, "other": "", "Bailes": 2, "Dusmas": 1, "Prieks": 5, "Lepnums": 5,
10 EMOTION_WHEEL	{"Bauda": 5, "Kauns": 0, "Naids": 0, "Vaina": 0, "other": "", "Bailes": 0, "Dusmas": 0, "Prieks": 0, "Lepnums": 0,

### Att. 3.35 Aptauju dati - JSONb datu piemērs (data kolonnā)

#### 3.5.3 Datu sagatavošana analīzei

Pēc ekspertu rekomendācijām par datu analīzi, autoram vajadzēja savienot kopā datus no visām tabulām, lai tos varētu analizēt. Autors uzrakstīja datu bāzes vaicājumu, kas savienoja katru tabulu tādā veidā, lai gala rezultāta parādītos tikai lietotāji, kuri pabeidza visu eksperimentu. Tādējādi pie katra lietotāja tika atspoguļoti emocijas dati, mentālas rotācijas testa ģenerācijas parametri un testa rezultāti (par katru uzdevumu atsevišķi, iekļaujot informāciju par patērēto laiku un atbildes pareizību), depresijas testa rādītāji, papildus informācijas (vecums, nodarbināšanās un citi), kā arī lietotāja identifikācijas numurs. Lietotāja vārds, pasts un cita privāta informācija netika iekļauta datu analīzē.

Attiecībā uz JSONb laukumiem, tie tika manuāli parsēti, lai dabūtu vajadzīgas vērtības (1. pielikums). Tas nozīmē, ka autoram bija jāzina datu struktūra, kas glabājās tajos laukumos, kas nebija problēma, jo datu bāzes integrēta izstrādes vide atspoguļoja visus datus (att. 3.35.).

## 3.6 Programmēšanas paņēmieni projekta ietvaros

### 3.6.1 Mentālas rotācijas testa uzdevumu ģenerēšanas modulis

Modulim ir divas galvenās sastāvdaļas – lietotāju skats un testa pievienošanas skripts. Kad privileģēts lietotājs uzstādīja vajadzīgo konfigurāciju un saģenerēja visus uzdevumus, kā arī lejupielādēja informācijas failu (2. pielikums), uzspiežot tastatūrā burtu p, tad informācija tiek padota tālāk autoram.

Autors pievieno attēlus projektā publiskajā mapē, lai tiem būtu piekļuve caur tīmekļa vietnes adresi. Nākamais solis autoram ir ierakstīt testa nosaukumu, pievienot testa aprakstu un palaistu skriptu, kas ielādē testu datu bāzē. Šādiem skriptiem ir speciāls nosaukums – datu bāzes sēšanas skripti.

Kā nākamais solis lietotnes attīstībā varētu būt testa ģenerēšanas moduļa automatizācija, lai izlaistu manuālo autora darbu. Darba rakstīšanas brīža pats testa ģenerēšanas modulis bija papildus uzdevums, tāpēc to automatizācija nebija prioritāte.

### **3.6.2 Mehānisms lietotāju sadalīšanai pa grupām**

Pirmā testēšanas etapa mērķis bija vienlaikus palaist trīs dažādus testus, lai vēlāk izvēlētos vienu. Parasti šādi uzdevumi tiek panākti ar A/B testēšanas konceptu, kad divas dažādas programmatūras versijas tiek palaistas vienlaikus kā eksperimenti, lai vēlāk izvēlēties piemērotāku. Arī ir jādomā par to, kā tiek maršrutēts lietotāju trafiks uz abiem produkcijas vidēm.

Autors labprāt pielietotu šo stratēģiju, tomēr tas aizņemtu daudz vairāk laika konfigurēšanai un prasītu papildus izmaksas. Tāpēc autors implementēja līdzīgu konceptu, bet sistēmas priekšgalā. Katram lietotājam reģistrācijas brīdī tika piesaistīts konkrētas testēšanas grupas numurs – 1, 2 vai 3. Autors sakonfigurēja algoritmu tādā veidā, lai lietotāji būtu vienmērīgi sadalīti pa grupām.

Šādi, pildot eksperimentu, lietotāji mentālas rotācijas testa sarakstu skatā, atkarībā no grupas, saņēma attiecīgu testu. Apmācības tests tika piedāvāts visiem.

### **3.6.3 Mentālas rotācijas testu pieejamības un precizitātes nodrošināšana**

Veidojot lietotni priekš klīniskiem testiem, ir svarīgi nodrošināt datu precizitāti. Bakalaura darbā izstrādājama rīka ir viens tests, kura rezultātiem teorētiski varētu ietekmēt lietotāja ierīce – mentālas rotācijas tests. Tajā tiek sakrāti divu veidu dati katram testa uzdevumam – izpildīšanas laiks un pareizība. Protams, ja ierīcei ir maza jauda vai slikts interneta savienojums, tad laika rādītāji varētu palielināties. Lai to novērstu, autors izveidoja sekojošus pasākumus:

1. Maksimāli vienkāršs lapas izkārtojums – 8 attēli un 5 cipari.
2. Atsevišķā testa detaļas skatā – tieši pirms testa izpildes – izveidoju visu testa attēlu ielādi, ko ir jāgaida pirms testa uzsākšanas.
3. Uzstādīju pareizas pārlūkprogrammas kešatmiņas iestatījumus attēliem, lai testa izpildes laikā, kad attēli tiks vēlreiz pieprasīti, pārlūkprogramma atgrieztu tos no kešatmiņas, nevis gaidītu servera atbildi.

### 3.6.4 Daudzvalodu atbalsts

Eksperimentā piedalījās latviski, angļiski un krieviski runājošie cilvēki, tāpēc bija jānodrošina attiecīgu valodu atbalsi. Next.js integrējās ar daudzvalodu moduli next-i18next. Autoram bija jāsakonfigurē moduli, kā arī jāpārtulko visi lietotnes skati.

Papildus tam, lai neko neizlaistu, autors pielika klāt skriptu, kas gāja cauri katram failam un savāca neiztulkotus vārdus.

### 3.6.5 OOP un procesuālā programmēšana lietotnes izveidē

Projekta sākumā, vēl prototipēšanas stadijā, viss kods tika rakstīts procesuāli – ar mērķi ātrāk izveidot koncepta pierādījumu. Vēlāk, jau bakalaura darba ietvaros, pēc jaunu prasību noteikšanas autoram vajadzēja pielāgot eksistējošo risinājumu. Piemērs tam ir mentālas rotācijas testu pārveidošana no dinamiska uz iepriekš ģenerēto. Tomēr, lai rādītu ģenerētus testus, no sākuma tos ir jāsaģenerē, un tajā gadījumā būtu ideāli atkārtoti izmantot to pašu dinamiskas ģenerēšanas kodu. Tajā brīdī autors nolēma veidot daļēju koda pārstrukturēšanu.

OOP piedāvā vairākus veidus, kā palielināt koda atkārtotu izmantošanu un paplašināmību, piemēram, mantojumu un polimorfisma mehānismi. Autors pārstrukturēja tieši tās programmas daļas, kurām bija jāmainās, un pievienoja jaunus. Rezultātā autors ieguva kārtīgu kodu, ko nākamajā reizē būs daudz vieglāk un ātrāk izmainīt un paplašināt. Tādas programmas daļas, kam nav jāmainās, piemēram, pats algoritms objektu ģenerēšanai, tāpat palika procesuālas.

### 3.6.6 Deklaratīva React un imperatīva Babylon.js kombinācija

Grafiski un spēles dzinēji kā Babylon.js pielieto imperatīvas programmēšanas stilu, jo tie nosaka objektu kustību, lietas kārtību. Un otrādi, moderni skatu izkārtojuma noteikšanas rīki kā React deklaratīvi apraksta statiskas bieži nemainīgas lietas – elementus, to pozīcijas, stilus. Autors pašā sākumā meklēja labāku veidu, kā tos savienot kopā vienā lietotnē vienā skatā.

Viena no iespējām bija pielietot adaptētu Babylon.js rīku uz deklaratīvo stilu (react-babylon.js), tomēr deklaratīvā veidā padot komandas grafiskam dzinējam bija grūti, kā arī parādījās papildus starpnieks, kas ietekmēja uz koda izpildi un rakstīšanu. To starpnieku vajadzēja iemācīties kontrolēt, kas nozīmēja dubultas mācības – no sākuma iemācīties strādāt ar pašu dzinēju (autors pirms nav nebija ar to saskaries), tad ar papildus risinājumu.

Cita iespēja bija, pielietojot to pašu bibliotēku, no deklaratīva koda izsaukt procedūru, kura palaistu dzinēju, saģenerētu trīsdimensionālu skatu un darbotos atdalīti no React.

Pēc vairākiem eksperimentiem, autors nolēma turpināt ar alternatīvu variantu – definēt Babylon.js statiskus elementus deklaratīvi, bet dinamiskus elementus un uzvedību – imperatīvi, izsaucot inicializācijas funkciju. Tas ļāva ātri mainīt kameru un dzinēja iestatījumu, kā arī tik pat detalizēti un brīvi ģenerēt trīsdimensionālus skatus un figūras.

### **3.6.7 Tipizācija ar Typescript**

Typescript palīdzēja autoram pašā projekta sākumā definēt vairāku entītiju datu struktūras un to tipus, lai tālāk tos pielietotu visā projektā. Tas deva autoram automātisku kompilācijas laikā koda pārbaudi, kas krietni samazināja kļūdu skaitu. Papildus tam, veicot entītiju tipu izmaiņas, var uzreiz salabot kodu visās vietās. Beidzot, Typescript piedāvā burvīgu koda pabeigšanas funkcionalitāti (*angl. code completion*).

## 4 LIETOTNES PALAIŠANA UN EKSPERIMENTĀLA ANALĪZE ?

### 4.1 Palaišanas process un eksperimenta organizācija

Eksperiments tika sadalīts divās daļās:

- eksperiments trim kontroles grupām – lai apskatītu kopēju tendenci, statistiski pierādītu testus un izvēlētos visvieglāko
- eksperiments klīniskai grupai – lai statistiski pierādītu testu, salīdzinātu rezultātus ar kontroles grupu un pārbaudītu papildus sakarības

Katrā testā ir 24 uzdevumi. Pašā sākumā tika apspriests ar ekspertiem, ka testu izpildīs vismaz 11 cilvēki no klīniskas grupas, tāpēc mērķis katrai kontroles grupai arī bija savākt datus par 11 cilvēkiem, tad kopā – par 33.

Pirmajā daļā, lai savāktu nepieciešamu datu skaitu, autors nosūtīja eksperimentu draugiem, kursabiedriem, radniekiem, kā arī publicēja to sociālajā tīklā. Jau pēc trim stundām no palaišanas brīža tika savākts nepieciešamais cilvēku skaits visās grupās.

Tajā pašā dienā, pēc datu analīzes, autors izveidoja testu klīniskai grupai no visvieglākā, izņemot nederīgus elementus. Arī autors izmainīja kodu, lai visi jauni lietotāji saņemtu testa grupas numuru 4 un pildītu jaunu testu.

Klīniskas grupas eksperimentam cilvēkus piesaistīja eksperts.

### 4.2 Rezultātu apkope un analīze

#### 4.2.1 Testu statistiska ticamība

Pēc Kronbaha alfas visi trīs testi ir statistiski ticami, ar vislielāko iekšējo konsistenci trešajam testam (.893, atskaites punkts ir 0.7), kur figūras bija izometriskas (att. 4.1.). Tas nozīme, ka izveidotais rīks strādā, un ģenerējamiem testiem ir pietiekami liela variācija un sarežģītība, kā arī testa priekšmeti ir savstarpēji saistīti.

Reliability		Reliability		Reliability	
Cronbach's Alpha	N of Items	Cronbach's Alpha	N of Items	Cronbach's Alpha	N of Items
0.846	24	0.792	24	0.893	24
a. testGroup = 1		a. testGroup = 2		a. testGroup = 3	

#### Att. 4.1 Testu statistiska ticamība

Nākamais solis ir katram testam izanalizēt uzdevumu diskriminācijas indeksus. Šīs parametris nosaka, vai uzdevums ir sakarīgs un neizceļas no kopējas tendences. Attēlā 4.2. pirmām testam ir izcelti viszemākie diskriminācijas indeksi, kur 7. un 12. uzdevumiem ir negatīvi rādītāji un 6. un 8. ir nākami mazāki radītāji (atskaites punkts ir 0.2). Diskriminācijas indekss arī liecina par to, ka šos uzdevumus turpmākas testēšanās būtu jāizsvītro.

Item-Total Statistics <sup>a</sup>				
	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
task1_isCorrect	14.57	24.879	0.315	0.844
task2_isCorrect	14.50	24.423	0.394	0.841
task3_isCorrect	14.71	24.835	0.394	0.841
task4_isCorrect	14.14	23.516	0.724	0.830
task5_isCorrect	14.07	24.225	0.652	0.834
task6_isCorrect	14.07	26.533	0.006	0.852
task7_isCorrect	14.29	26.835	-0.077	0.859
task8_isCorrect	14.14	25.670	0.194	0.848
task9_isCorrect	14.21	24.797	0.358	0.842
task10_isCorre	14.43	23.187	0.647	0.830
task11_isCorre	14.07	24.225	0.652	0.834
task12_isCorre	14.43	27.341	-0.170	0.863
task13_isCorre	14.07	24.225	0.652	0.834
task14_isCorre	14.21	23.566	0.637	0.832
task15_isCorre	14.43	25.033	0.267	0.846
task16_isCorre	14.43	23.956	0.485	0.837
task17_isCorre	14.07	25.148	0.386	0.841
task18_isCorre	14.07	24.225	0.652	0.834
task19_isCorre	14.57	24.879	0.315	0.844
task20_isCorre	14.57	22.879	0.748	0.827
task21_isCorre	14.21	24.797	0.358	0.842
task22_isCorre	14.14	25.209	0.303	0.844
task23_isCorre	14.43	24.110	0.453	0.839
task24_isCorre	14.50	23.654	0.554	0.834

a. testGroup = 1

#### Att. 4.2 Diskriminācijas indeksu tabula 1. testa grupai

Līdzīgā veidā pārējam test grupām tika atrasti zemāki diskriminācijas indeksi, kas 2. testa grupai bija 1., 19., 20. un 18. uzdevumiem, bet 3. testa grupai – 3., 13., 15., 19.

## 4.2.2 Trīs kontrolgrupu datu savstarpējais salīdzinājums

Nākamais solis ir salīdzināt grūtības pakāpes testiem un katram uzdevumam atsevišķi (M vērtības). Attēlā 4.3. ir parādītas M vērtības trim testiem, ar sarkano krāsu tika atzīmēti uzdevumi ar mazu diskriminācijas indeksu.

Lielākā M vērtība – vieglāks uzdevums. Un otrādi, mazāka – grūtāks.

	task1_j_sCorrect	task2_j_sCorrect	task3_j_sCorrect	task4_j_sCorrect	task5_j_sCorrect	task6_j_sCorrect	task7_j_sCorrect	task8_j_sCorrect	task9_j_sCorrect	task10_j_sCorrect	task11_j_sCorrect	task12_j_sCorrect	task13_j_sCorrect	task14_j_sCorrect	task15_j_sCorrect	task16_j_sCorrect	task17_j_sCorrect	task18_j_sCorrect	task19_j_sCorrect	task20_j_sCorrect	task21_j_sCorrect	task22_j_sCorrect	task23_j_sCorrect	task24_j_sCorrect
N Valid	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean	0.36	0.43	0.21	0.79	0.86	0.86	0.64	0.79	0.71	0.50	0.86	0.50	0.86	0.71	0.50	0.50	0.86	0.86	0.36	0.36	0.71	0.79	0.50	0.43
Std. Deviation	0.497	0.514	0.426	0.426	0.363	0.363	0.497	0.426	0.469	0.519	0.363	0.519	0.363	0.469	0.519	0.519	0.363	0.363	0.497	0.497	0.469	0.426	0.519	0.514
a. testGroup = 1																								
Statistics <sup>a</sup>																								
	task1_j_sCorrect	task2_j_sCorrect	task3_j_sCorrect	task4_j_sCorrect	task5_j_sCorrect	task6_j_sCorrect	task7_j_sCorrect	task8_j_sCorrect	task9_j_sCorrect	task10_j_sCorrect	task11_j_sCorrect	task12_j_sCorrect	task13_j_sCorrect	task14_j_sCorrect	task15_j_sCorrect	task16_j_sCorrect	task17_j_sCorrect	task18_j_sCorrect	task19_j_sCorrect	task20_j_sCorrect	task21_j_sCorrect	task22_j_sCorrect	task23_j_sCorrect	task24_j_sCorrect
N Valid	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean	0.82	0.91	0.73	0.91	0.91	0.91	0.91	0.82	0.18	0.82	0.64	0.91	0.55	0.45	0.27	0.55	0.82	1.00	0.45	0.73	0.55	0.73	0.82	0.91
Std. Deviation	0.405	0.302	0.467	0.302	0.302	0.302	0.302	0.405	0.405	0.405	0.505	0.302	0.522	0.522	0.467	0.522	0.405	0.000	0.522	0.467	0.522	0.467	0.405	0.302
a. testGroup = 2																								
Statistics <sup>a</sup>																								
	task1_j_sCorrect	task2_j_sCorrect	task3_j_sCorrect	task4_j_sCorrect	task5_j_sCorrect	task6_j_sCorrect	task7_j_sCorrect	task8_j_sCorrect	task9_j_sCorrect	task10_j_sCorrect	task11_j_sCorrect	task12_j_sCorrect	task13_j_sCorrect	task14_j_sCorrect	task15_j_sCorrect	task16_j_sCorrect	task17_j_sCorrect	task18_j_sCorrect	task19_j_sCorrect	task20_j_sCorrect	task21_j_sCorrect	task22_j_sCorrect	task23_j_sCorrect	task24_j_sCorrect
N Valid	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean	0.50	0.36	0.21	0.57	0.57	0.86	0.57	0.64	0.43	0.36	0.64	0.71	0.64	0.64	0.57	0.86	0.64	0.64	0.57	0.50	0.71	0.57	0.50	0.71
Std. Deviation	0.519	0.497	0.426	0.514	0.514	0.363	0.514	0.497	0.514	0.497	0.497	0.469	0.497	0.497	0.514	0.519	0.497	0.497	0.514	0.519	0.469	0.514	0.519	0.469
a. testGroup = 3																								
<div style="display: flex; justify-content: space-between; font-size: small;"> <span style="background-color: #f8d7da; padding: 2px;">remove from sample in the first place (negative, low)</span> <span style="background-color: #fff3f3; padding: 2px;">remove from sample in the second place (negative)</span> </div>																								

Att. 4.3 Grūtības pakāpes testa grupām, ar krāsu atzīmēti uzdevumi ar mazu diskriminācijas indeksu

Visiem trim testiem ir labi M parametra rādītāji – MIN un MAX (att. 4.4.). Otrajā grupā MAX ir vieninieks, jo tas nāk no nesakarīga 18. uzdevuma (att. 4.3.). Pēc vidēja radītāja, visgrūtākais tests ir pēdējais (0.57), kā tika domāts, dēļ izometriskam figūrām ar vizuālo ilūziju. Nedaudz vieglāks ir pirmais tests (0.62) ar parastiem objektiem. Un visvieglākais tests ir otrais ar vērtību 0.72, kurš sastāvēja no plaknes objektiem.

grūtības pakāpe			
grupa	AVG	MIN	MAX
1	0.62	0.21	0.86
2	0.72	0.18	1.00
3	0.57	0.21	0.86

Att. 4.4 M vērtību kopsavilkums pa grupām

## 4.2.3 Testa izvēle otram eksperimenta etapam

Pieturoties pie sākotnēja mērķa izvēlēties visvieglāko testu, ir jāturpina strādāt ar 2. testu. Tā kā tajā joprojām ir vairāki uzdevumi, kas nav piemēroti iekļaušanai turpmākā pētījumā, tos ir jāņem nost. Papildus tam, skatoties uz testa izpildes patērēto laiku, kas svārstās no 10 līdz 40 minūtēm,

autors un eksperti nolēma vēl saīsināt testu, tāpēc atstāja tikai 18 uzdevumus no oriģināliem 26. Tātad, tika izsvītroti 1., 2., 15., 18., 19., 20. testi.

Nākamajā solī autors sakonfigurēja rīku, lai klīniskas grupas dalībnieki varētu izpildīt atjaunināto testu.

#### 4.2.4 Klīniskas grupas testu ticamība, salīdzinājumā ar kontroles grupu

Sākotnēji tika plānots aicināt cilvēkus ar Parkinsona un Alzheimerera slimībām izpildīt testu, tomēr pirmais mēģinājums 64 gadīga cilvēka ar Parkinsona slimību parādīja, ka tests ir ļoti sarežģīts, pat visvieglākais no trim iepriekšējiem. Tāpēc tikai ātri nolemts notestēt rīku, aicinot cilvēkus ar epilepsiju, kas ir daudz jaunāki.

Attēlā 4.5. ir parādīts testu ticamības koeficients. Kā var secināt, pēc 6 noņemtiem testiem atjauninātam otram testam vēl palielinājās Kronbaha alfas koeficients. Savukārt klīniskai grupai tas ir vēl augstāk un gandrīz sasniedz 0.9. Abi testi ir statistiski ticami.

testGroup	Cronbach's Alpha	N of Items
2	.854	18
4	.893	18

Att. 4.5 Atjaunināta testa ticamība kontroles (2.) un klīniskai (4.) grupām

#### 4.2.5 Klīnisko un kontrolgrupu salīdzinājumi

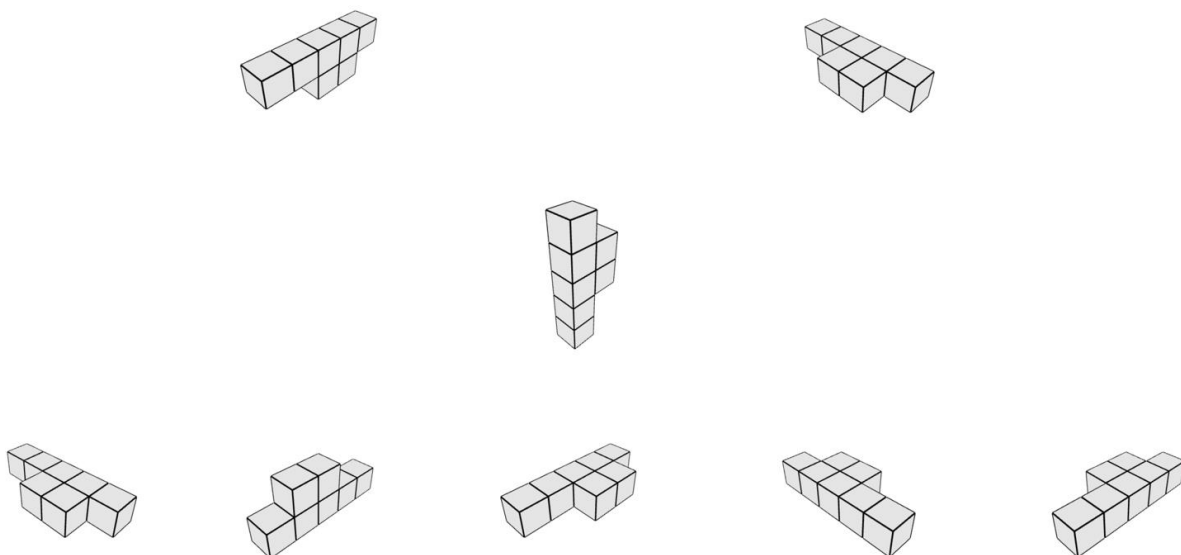
Diskriminācijas indekss parādīja zemu vērtību 7. uzdevumam 2. grupā, kā arī 11. uzdevumam 4. grupā (att. 4.6.). Pārējie uzdevumi parādīja labus rādītājus, kas vēlreiz apliecina par datu ticamību. Saskaņā ar M vērtības attēlu (att. 4.7.), 2. grupai 7. uzdevums bija ļoti grūts (0.18), ko var mēģināt paskaidrot ar specifisko izstieptu formu (att. 4.8.), kamēr 4. grupai 11. uzdevums ir viduvējs, tomēr pašā testā figūru ir jārotē 90 + 180 grādus.

Item-Total Statistics					
testGroup		Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
2	task1_isCorrect	12.36	15.255	0.224	0.859
	task2_isCorrect	12.18	14.564	0.711	0.840
	task3_isCorrect	12.18	14.564	0.711	0.840
	task4_isCorrect	12.18	14.564	0.711	0.840
	task5_isCorrect	12.18	14.564	0.711	0.840
	task6_isCorrect	12.27	15.218	0.288	0.854
	task7_isCorrect	12.91	15.891	0.073	0.863
	task8_isCorrect	12.27	14.618	0.488	0.846
	task9_isCorrect	12.45	13.473	0.692	0.835
	task10_isCorrect	12.18	15.164	0.441	0.848
	task11_isCorrect	12.55	14.473	0.389	0.852
	task12_isCorrect	12.64	14.055	0.501	0.845
	task13_isCorrect	12.55	14.273	0.442	0.849
	task14_isCorrect	12.27	15.218	0.288	0.854
	task15_isCorrect	12.55	13.873	0.551	0.842
	task16_isCorrect	12.36	13.455	0.764	0.831
	task17_isCorrect	12.27	15.418	0.223	0.857
	task18_isCorrect	12.18	15.164	0.441	0.848
4	task1_isCorrect	9.91	24.491	0.142	0.900
	task2_isCorrect	9.27	23.818	0.494	0.890
	task3_isCorrect	9.36	22.655	0.661	0.884
	task4_isCorrect	9.64	21.055	0.842	0.876
	task5_isCorrect	9.55	21.473	0.778	0.879
	task6_isCorrect	9.55	21.873	0.686	0.882
	task7_isCorrect	10.00	23.200	0.513	0.888
	task8_isCorrect	9.55	21.673	0.732	0.881
	task9_isCorrect	9.64	23.455	0.323	0.895
	task10_isCorrect	9.64	21.055	0.842	0.876
	task11_isCorrect	9.64	25.055	0.007	0.906
	task12_isCorrect	9.82	21.364	0.803	0.878
	task13_isCorrect	9.45	23.473	0.370	0.893
	task14_isCorrect	9.45	22.273	0.652	0.884
	task15_isCorrect	9.91	22.491	0.599	0.886
	task16_isCorrect	9.27	23.818	0.494	0.890
	task17_isCorrect	9.55	23.673	0.293	0.896
	task18_isCorrect	9.91	22.891	0.504	0.889

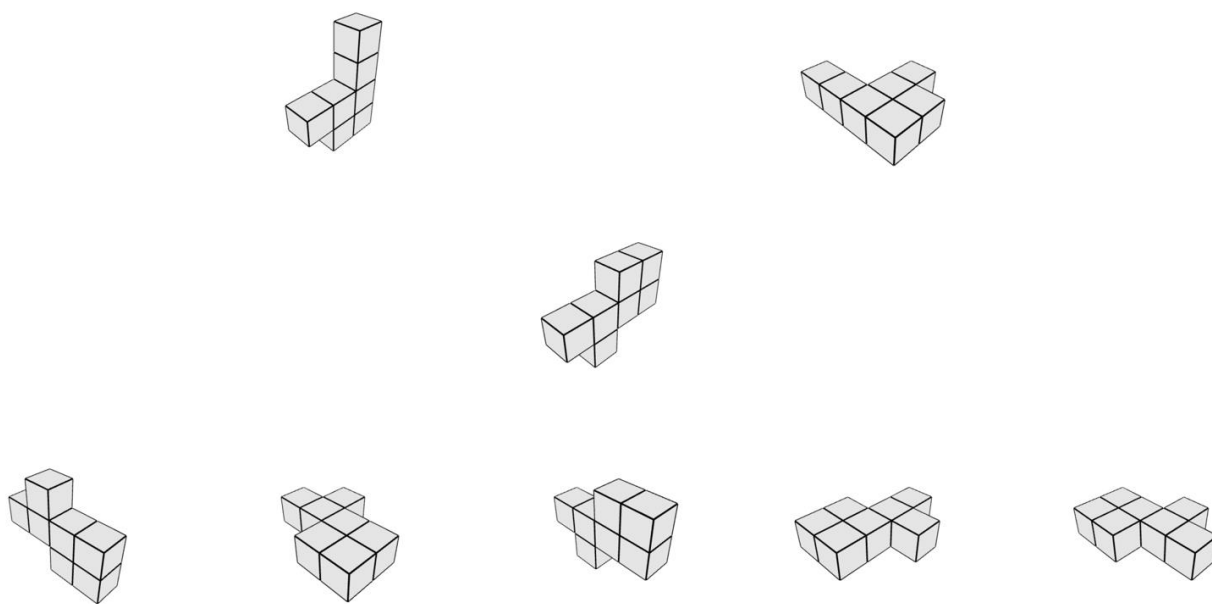
Att. 4.6 Diskriminācijas indeksi abām grupām

		Statistics																	
testGroup		task1_isCorrect	task2_isCorrect	task3_isCorrect	task4_isCorrect	task5_isCorrect	task6_isCorrect	task7_isCorrect	task8_isCorrect	task9_isCorrect	task10_isCorrect	task11_isCorrect	task12_isCorrect	task13_isCorrect	task14_isCorrect	task15_isCorrect	task16_isCorrect	task17_isCorrect	task18_isCorrect
2	N Valid	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
	Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mean	0.73	0.91	0.91	0.91	0.91	0.82	0.18	0.82	0.64	0.91	0.55	0.45	0.55	0.82	0.55	0.73	0.82	0.91
	Median	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Std. Deviation	0.467	0.302	0.302	0.302	0.302	0.405	0.405	0.405	0.505	0.302	0.522	0.522	0.522	0.405	0.522	0.467	0.405	0.302
4	N Valid	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
	Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mean	0.27	0.91	0.82	0.55	0.64	0.64	0.18	0.64	0.55	0.55	0.55	0.36	0.73	0.73	0.27	0.91	0.64	0.27
	Median	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Std. Deviation	0.467	0.302	0.405	0.522	0.505	0.505	0.405	0.505	0.522	0.522	0.522	0.505	0.467	0.467	0.467	0.302	0.505	0.467

Att. 4.7 Uzdevumu grūtība - M vērtības



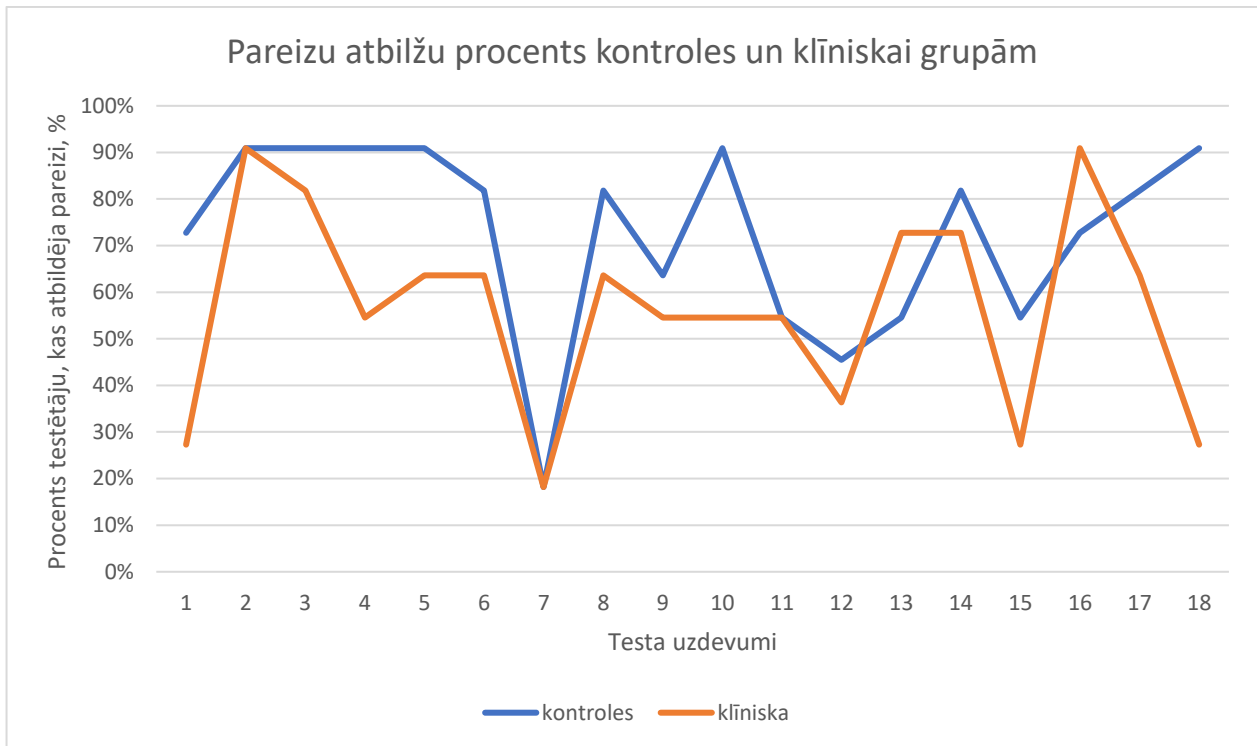
**Att. 4.8 Testa 7. uzdevums**



**Att. 4.9 Testa 11. uzdevums**

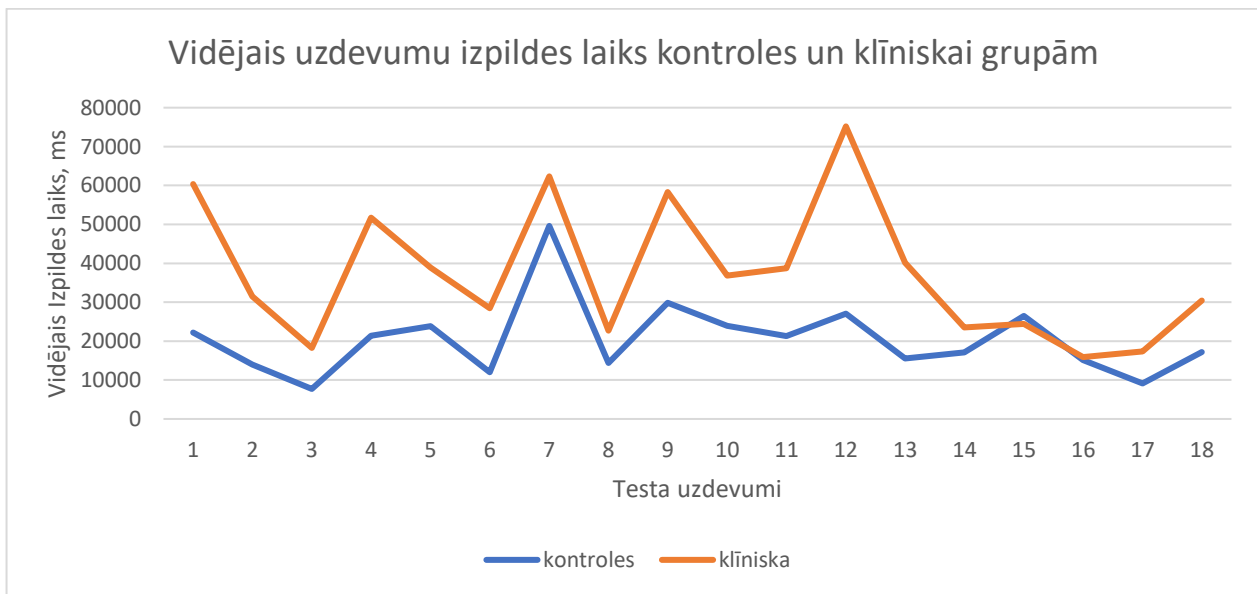
Tālākai analīzei autors kopā ar ekspertu noskaidroja, ka datu kopa nav normāli sakārtota, kas ir pieļaujams mazai grupai, un pielietoja neparametrisko U-testu. Tas neparādīja statistiski nozīmīgus radītājus starp grupām, tomēr tendenču līmenī var novērot, ka klīniskas grupas rezultāti ir relatīvi zemāki (att. 4.10.), bet testu izpildīšanas laiks ir relatīvi augstāks (att. 4.11.). Tas nozīmē, ka jāpaplašina datu izlasi.

Klīniskai grupai izdevās sasniegt līdzīgus rezultātus kontroles grupai tikai trijos uzdevumos, un tikt priekšā divos no 18 kopā.



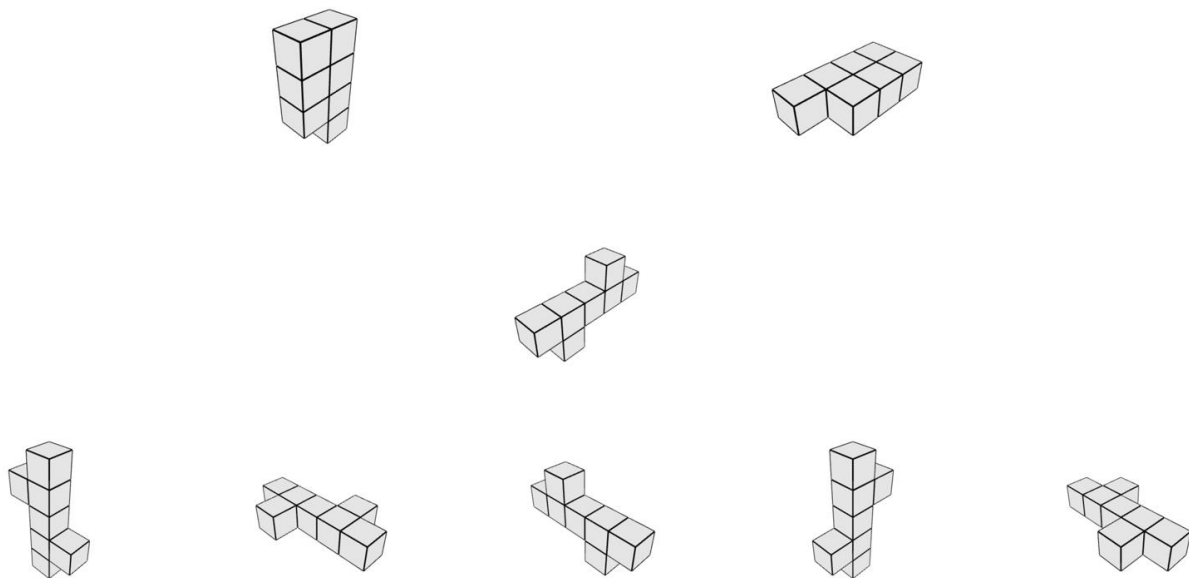
Att. 4.10 Pareizu atbilžu procents kontroles un klīniskai grupām

Laika ziņā kontroles grupa izpildīja 17 uzdevumus ātrāk par klīnisko, it īpaši tas ir jūtams 1. un 12. uzdevumos, kur izpildīšanās laiki ir attiecīgi 22s pret 60s un 27s pret 75s.

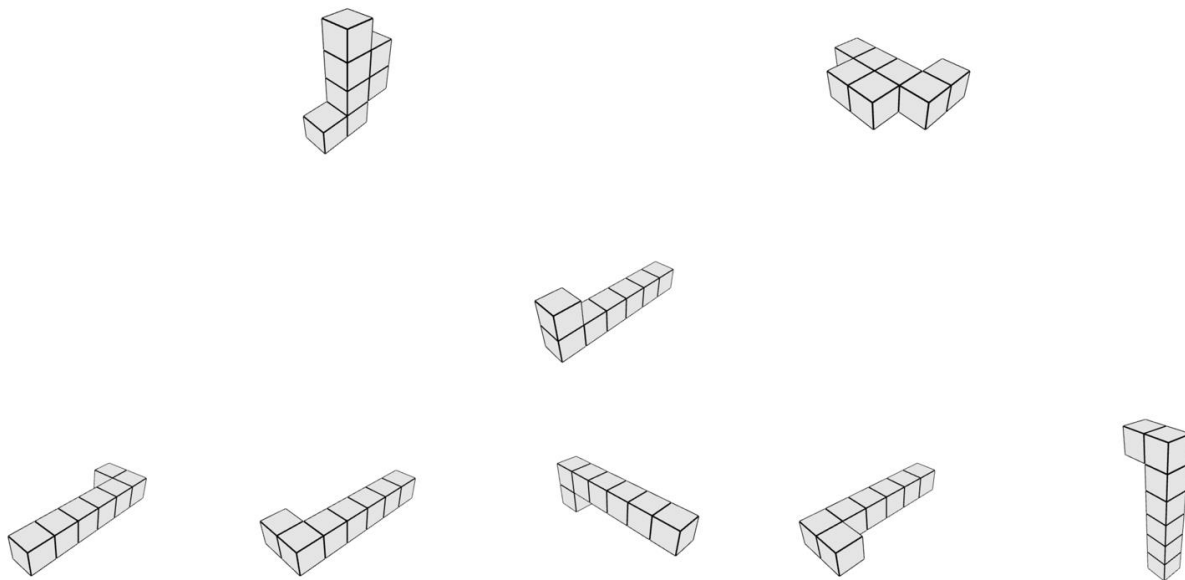


Att. 4.11 Vidējais uzdevumu izpildes laiks kontroles un klīniskai grupām

Analizējot 1. (att. 4.12.) un 12. (att. 4.13.) uzdevumus, nevar viennozīmīgi noteikt, kas klīniskai grupai izraisīja grūtības. Autors pieņem, ka 1. tas varētu būt testa figūras simetriskus, bet 12. – grūta rotācijas 90 grādi + 180 grādi, kā arī izstiepta testa figūras forma.



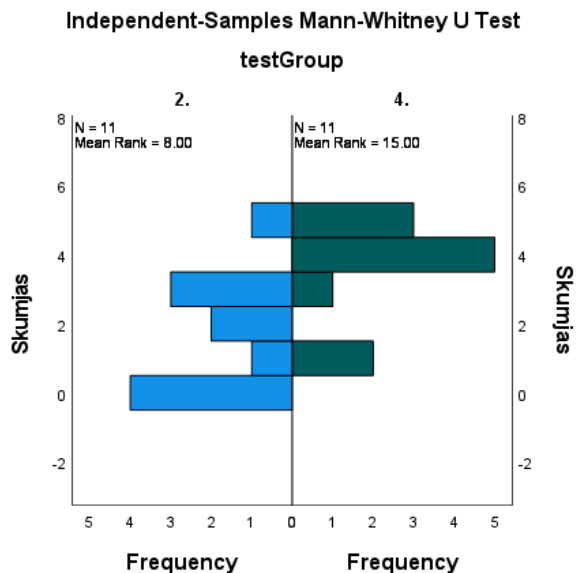
**Att. 4.12 Testa 1. uzdevums**



**Att. 4.13 Testa 12. uzdevums**

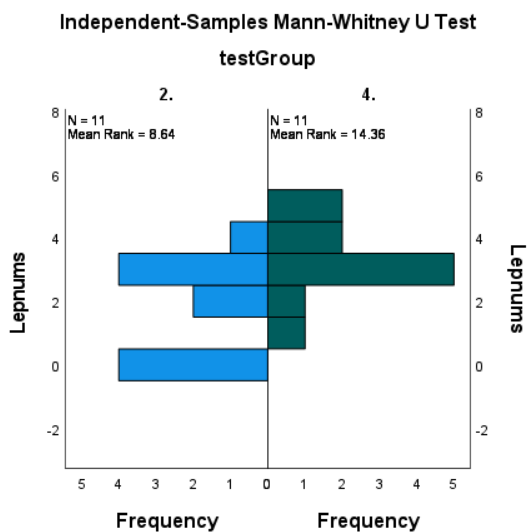
#### 4.2.6 Aptaujas datu saistība ar testa izpildes rezultātiem

Manna Vitnija U-tests neparādīja statistiski nozīmīgus atkarību starp depresijas abās grupās. Tomēr skumjas, lepnuma un līdzjūtības emocijas grupas dalībnieki izpauža savādāk.



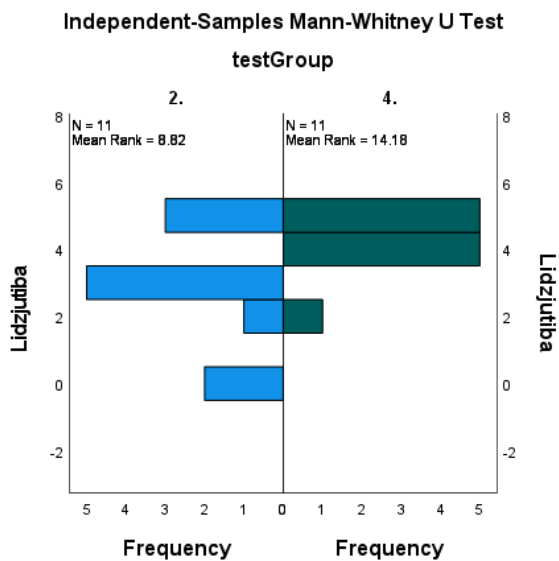
Att. 4.14 Skumjas intensitātes biežuma grafiks

Kamēr 4 kontroles grupas dalībnieki nejuta skumjas vispār un pārējie izjūta to emociju ar vidējo intensitāti, vairākums no klīniskas grupas dalībniekiem atzīmēja to intensitātes skalā 4 un vairāk (no 5 maksimums) (att. 4.14.). Klīniskas grupas dalībnieki bija daudz skumjāki.



Att. 4.15 Lepnuma intensitātes biežuma grafiks

Tajā laikā klīniska grupā arī bija daudz lepņāka – pieci cilvēki atzīmēja lepnumu uz 3, divi cilvēki uz 4 un uz 5 intensitātes ballēm. Otrādi, 4 cilvēki no kontroles grupas nebija atzīmējuši lepnumu vispār. Arī maksimāla intensitātes vērtība grupā bija 4 (att. 4.15.).



Att. 4.16 Līdzjutības intensitātes biežuma grafiks

No klīniskas grupas vismaz 10 cilvēki atzīmēja līdzjutību ar intensitāti 4 un vairāk, bet kontroles grupā tikai 8 dalībnieki atzīmēja līdzjutību ar intensitāti 3 un vairāk (att. 4.16.).

## 5 REZULTĀTI

Bakalaura darba ietvaros autors attīstīja mentālas rotācijas rīka prototipu līdz minimālam darbspējīgam produktam. Autors pievienoja lietotnei vairāk par 10 skatiem, pieslēdza lietotnei datu bāzi, lai saglabātu datus, un sagatavoja to testēšanai. Autors no sākuma palaida eksperimentu ar trim dažādiem iepriekš saģenerētiem mentālas rotācijas testiem. Pēc pirmās testēšanas dati tika apkopoti un izanalizēti, pierādot testa statistisko ticamību. Tika uzzināt visvieglākais tests, lai tālāk turpinātu testēšanu ar to.

Nākamajā solī autors palaida eksperimentu ar klīnisko grupu, kuru dalībniekiem bija neurodeģeneratīvi trūkumi. Tika savākti dati par 11 klīniskas grupas dalībniekiem, izanalizēti un salīdzināti ar kontroles grupu. Tests joprojām parādīja statistisku nozīmīgumu.

Kaut gan U-tests neparādīja statistiski nozīmīgus radītājus starp grupām, tika novērota tendence, kur klīniskas grupas rezultāti bija relatīvi zemāki un izpildes laiks bija relatīvi augstāks, salīdzinot ar kontroles grupu. Tas nozīmē, ka nākamo testēšanu ir jāveic ar lielāko izlasi.

Papildus, tika konstatētas nozīmīgas atšķirības starp grupu izjūtām – vairākums no klīniskas grupas izjuta skumjas, lepnumu un līdzjūtību ar lielāku intensitāti. Tas varētu būt viens no ietekmējošiem faktoriem uz pētījuma rezultātiem.

Skatoties uz testiem, kuri aizņēma visvairāk laika klīniskai grupai, tajos testa figūras ir izstieptas, viena papildus ir simetriska. Citi testi, kuri bija grūti abām grupām, satura dubulto pagriezienu.

Pacientiem ar Parkinsona slimību mentālas rotācijas tests likās pārāk grūts, tāpēc ir jāgatavo vieglāki testi klīniskai grupai.

## 6 SECINĀJUMI

Mentālas rotācijas testēšanas rīks tika klīniski notestēts, kā arī visi testi pēc analīzes parādījās kā statistiski ticami. Tam ir liela nozīmē tālākiem mentālas rotācijas testu pētījumiem.

Pēc datu analīzes veikšanas lielākai izlasei, rīku varēs pielietot, lai palīdzētu cilvēkiem ātrāk un ērtāk diagnosticēt noteikt tipa slimības. Tas nodrošinās savlaicīgu preventīvu medicīnisku pasākumu veikšanu, tādā veidā efektīvāk ārstējot neurodeģeneratīvas slimības. Rīks palīdzēs samazināt slodzi uz ārstiem.

Izstrādātais digitālais mentālas rotācijas tests ir pirmais tests, kas ļauj dinamiski ģenerēt gan test objektus, gan testa uzdevumus un veselus testus. Tas ir moderns un inovatīvs risinājums, kas varētu palīdzēt.

### 6.1 Darba turpinājums

Izstrādātam rīkam ir liels potenciāls, ko var pielietot tālākajos pētījumos:

- Notestēt rīku ar uz lielākas izlases, lai novērota tendence kļūstu par statistiski nozīmīgu atšķirības rādītāju.
- Izveidot vēl vieglāku versiju, ko varētu kārtot pacienti ar Parkinsona slimību
- Notestēt dinamiskus testus, pievienot testu ar uzdevumiem no vairākām testu grupām, lai veidotu ideālu trepes formu (pēc grūtības pakāpēm). Notestēt
- Implementēt automātisku datu analīzi
- Pielietojot visus savāktus datus, atrast papildus sakarus starp depresiju, emocijām, testa izpildes laikiem, dalībnieku amatiem, vecuma, rotācijas leņķiem un rezultātiem.
- Izveidot netriviālus telpisko objektu ģenerācijas algoritmus, lai palielināt precizitāti un testa grūtību. Algoritmi varētu saturēt vairākus parametrus, piemēram, vēlamais caurumu skaits, objektu ierobežojums pa asīm, objekta sastāvdaļu tuvums centram.
- Lietotnes attīstība citā virzienā, piemēram, trenēt cilvēku mentālas rotācijas spējas, tādējādi palīdzot apgūt STEM vielas. Vairāki saģenerēti testi vispār netika pielietoti, tika izvēlēts visvieglākais, tāpēc rīkam ir liels potenciāls. Pāris cilvēki bija izteikuši

viedokli, ka tests bija viegls, tāpēc būtu labi piedāvāt vairākas testus pēc grūtības pakāpēm (varbūt ar iespēju atkārtoti tos kārtot).

## 7 IZMANTOTĀ LITERATŪRA

- [1] S. Y. Yoon, «Psychometric properties of the revised Purdue spatial visualization tests: visualization of rotations (the revised PSVT:R),» PURDUE UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL, West Lafayette, Indiana, 07/06/2011.
- [2] . C. Xiangjun un . P. Weidong, «The Treatment Strategies for Neurodegenerative Diseases by Integrative Medicine,» 2015.
- [3] E. L. Mann un S. Yoon Yoon, «Exploring the Spatial Ability of Undergraduate Students: Association With Gender, STEM Majors, and Gifted Program Membership,» *sage*, sēj. 61 (4), pp. 313-327, 2017.
- [4] M. Fiorio, M. Tinazzi un S. M. Agloito, «Selective impairment of hand mental rotation in patients with focal hand dystonia,» Oxford University Press, 2006.
- [5] S. Skaida, «Klīniskais algoritms Depresijas, trauksmes un psihoaktīvo vielu lietošanas (PAV) traucējumu komorbiditāte, diagnostika, diferenciāldiagnostika, vadīšana, ārstēšana, aprūpe,» Rīga, Latvija.
- [6] . R. S. Klaus, «What are emotions? And how can they be measured?,» %1 *Social Science Information*, 2005, pp. 693-727.
- [7] P. Tze un M. Chou, «Attention drainage effect: How background music effects concentration in Taiwanese college students,» *Journal of the Scholarship of Teaching and Learning*, sēj. 10, nr. 1, p. 36 – 46, January 2010.
- [8] T. Guzsvinecz, É. Orbán-Mihálykó, . C. Sik-Lányi un E. Perge, «Investigation of spatial ability test completion times in virtual reality using a desktop display and the Gear VR,» Springer, Veszprém, Hungary, 17 March 2021.
- [9] A. J. Elliot, «Color and psychological functioning: a review of theoretical and empirical work,» Department of Clinical and Social Sciences in Psychology, University of Rochester, Rochester, NY, USA, 02 April 2015.

- [10] T. T. Lineweaver, D. P. Salmon, M. W. Bondi un J. Corey-Bloom, «Differential effects of Alzheimer's disease and Huntington's disease on the performance of mental rotation,» the College of Liberal Arts & Sciences at Digital, Butler University, 2005.
- [11] Y. Maeda un S. Yoon Yoon, «A meta-analysis on gender differences in mental rotation ability measured by the Purdue spatial visualization tests: visualization of rotations (PSVT:R),» *Springer Science+Business Media New York* 2012, p. 69–94, 9 December 2012.
- [12] S. Yoon Yoon un M. Ki-Hong, «College students' performance in an introductory atmospheric science course: associations with spatial ability,» *Wiley Online Library*, sēj. 23, pp. 403-409, 2016.
- [13] G. M. Bodner un R. B. Buay, «The Purdue Visualization of Rotations Test,» *The chemical educator*, Springer-Verlag, New York, 1779.
- [14] Y. Maeda un S. Yoon Yoon, «Are Gender Differences in Spatial Ability Real or an Artifact? Evaluation of Measurement Invariance on the Revised PSVT:R,» *sage*, sēj. 34, nr. 4, pp. 397-403, 2016.
- [15] «Babylon JS - dokumentācija,» Babylon JS, [Tiešsaiste]. Available: <https://doc.babylonjs.com/>. [Piekļūts 20 1 2022].
- [16] «Chakra UI - interfeisa komponentes,» Chakra UI, [Tiešsaiste]. Available: <https://chakra-ui.com/>. [Piekļūts 20 1 2022].
- [17] Facebook, «React - JS interfeisa bibliotēka,» Facebook, [Tiešsaiste]. Available: <https://reactjs.org/>. [Piekļūts 20 1 2022].
- [18] brianzinn, «react-babylonjs - bibliotēka,» [Tiešsaiste]. Available: <https://github.com/brianzinn/react-babylonjs>. [Piekļūts 20 1 2022].
- [19] D. Abramov, «Redux - stāvokļi organizētājs,» [Tiešsaiste]. Available: <https://redux.js.org/>. [Piekļūts 20 1 2022].

- [20] Google, «Firebase,» Google, [Tiešsaiste]. Available: <https://firebase.google.com/>. [Pieklūts 20 1 2022].
- [21] «Next JS - React bibliotēka,» [Tiešsaiste]. Available: <https://nextjs.org/>. [Pieklūts 1 20 2022].

## 8 PIELIKUMI

*Pielikums 1.*

### Vaicājumu funkcijas priekš PostgreSQL, JSONb datu parsēšana

```
create or replace function get_user_info_data()
  returns table
  (
    "id"                text,
    "testGroup"        integer,
    "userId"           text,
    "age"               integer,
    "gender"           text,
    "occupation"       text,
    "isRightHanded"    integer,
    "academicField"    text,
    "hasNeurodegenerativeIllnesses" text
  )
as
$$
begin
  return query select UI.id,
    UI."testGroup",
    UI."userId",
    (UI.info::json ->> 'age')::integer      as age,
    (UI.info::json ->> 'gender')::text      as gender,
    (UI.info::json ->> 'occupation')::text  as occupation,
    ((UI.info::json ->> 'isRightHanded')::bool)::integer as "isRightHanded",
    (UI.info::json ->> 'academicField')::text as "academicField",
    (UI.info::json ->> 'hasNeurodegenerativeIllnesses')::text as "hasNeurodegenerativeIllnesses"
  from "UserInfo" as UI;
end
$$ language plpgsql;
```

```
[
{
  "reference-spread0nX": 0.5,
  "reference-spread0nY": 0.5,
  "reference-spread0nZ": 0.5,
  "reference-totalBlocks": 7,
  "reference-finalRotationX": 0,
  "reference-finalRotationY": 0,
  "reference-finalRotationZ": 0,
  "reference-maxDeltaForNextBlock": 1,
  "rotationX": -90,
  "rotationY": 180,
  "rotationZ": 0,
  "target-spread0nX": 0.5,
  "target-spread0nY": 0.5,
  "target-spread0nZ": 0.5,
  "target-totalBlocks": 7,
  "target-finalRotationX": 0,
  "target-finalRotationY": 0,
  "target-finalRotationZ": 0,
  "target-maxDeltaForNextBlock": 1,
  "correctAnswer": 3,
  "referenceShape": "task-1_1.png",
  "referenceShapeRotated": "task-1_2.png",
  "testShape": "task-1_3.png",
  "testShape1": "task-1_4.png",
  "testShape2": "task-1_5.png",
  "testShape3": "task-1_6.png",
  "testShape4": "task-1_7.png",
  "testShape5": "task-1_8.png",
  "scene": "task-1.png",
  "actualAnswer": 3,
  "time": 17905,
  "correct": true,
  "taskNumber": 1
},
{
  "reference-spread0nX": 0.5,
  "reference-spread0nY": 0.5,
  "reference-spread0nZ": 0.5,
  "reference-totalBlocks": 7,
  "reference-finalRotationX": 0,
  "reference-finalRotationY": 0,
  "reference-finalRotationZ": 0,
  "reference-maxDeltaForNextBlock": 1,
```