

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**

**INFORMATIKOS MOKSLŲ FAKULTETAS**

**PRAKTINĖS INFORMATIKOS KATEDRA**

**Dalius Maciulevičius**

**Plokštumos ir trimatės erdvės geometrinių  
transformacijų tyrimas ir mokomoji realizacija**

Magistro darbas

Darbo vadovas

doc. A.Lenkevičius

KAUNAS, 2005

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**  
**INFORMATIKOS MOKSLŲ FAKULTETAS**  
**PRAKTINĖS INFORMATIKOS KATEDRA**

TVIRTINU

Katedros vedėjas

doc. dr. D.Rubliauskas

2005 01

**Plokštumos ir trimatės erdvės geometrinių  
transformacijų tyrimas ir mokomoji realizacija**

Informacinių technologijų magistro baigiamasis darbas

Recenzentas

2005 01

Vadovas

doc. A.Lenkevičius

2005 01

Atliko

IFM–8/3 gr. stud.

D. Maciulevičius

2005 01

KAUNAS, 2005

# TURINYS

<b>1. ĮVADAS</b> .....	<b>4</b>
<b>2. GEOMETRINIŲ TRANSFORMACIJŲ IR JŲ PANAUDOJIMO ANALIZĖ</b> .....	<b>6</b>
2.1. GRAFINĖS SISTEMOS IR TRANSFORMACIJOS .....	6
2.2. GEOMETRINĖS TRANSFORMACIJOS SAŪVOKA .....	9
2.3. GEOMETRINIŲ TRANSFORMACIJŲ KLASIFIKACIJA .....	9
2.4. OBJEKTŲ IR TRANSFORMACIJŲ APRAŠYMAS KOMPIUTERINĖJE GRAFIKOJE .....	10
2.5. GEOMETRINĖS TRANSFORMACIJOS PLOKŠTUMUJE .....	11
2.5.1. Perkėlimo transformacija .....	11
2.5.2. Pasukimo transformacija .....	12
2.5.3. Mastelio pakeitimo transformacija .....	13
2.5.4. Atspindžio transformacija .....	14
2.5.5. Šlyties transformacija .....	16
2.5.6. Transformacijų kompozicija .....	16
2.6. GEOMETRINĖS TRANSFORMACIJOS TRIMATĖJE ERDVĖJE.....	19
2.6.1. Koordinatinių sistemų trimatėje erdvėje .....	19
2.6.2. Perkėlimo transformacija .....	20
2.6.3. Pasukimo transformacija .....	21
2.6.4. Mastelio pakeitimo transformacija .....	22
2.6.5. Atspindžio transformacija .....	23
2.6.6. Šlyties transformacija .....	24
2.6.7. Transformacijų kompozicija .....	25
2.7. GEOMETRINIŲ TRANSFORMACIJŲ TESTŲ SUDARYMO IR TESTAVIMO PALAIKYMO UŽDAVINYS .....	26
<b>3. SISTEMOS PROJEKTAS</b> .....	<b>28</b>
3.1. REIKALAVIMŲ PROJEKTUOJAMAI SISTEMAI SPECIFIKACIJA .....	28
3.2. PANAUDOJIMŲ ATVEJŲ MODELIAI IR FUNKCIJŲ DIAGRAMOS .....	34
3.3. REALIZACIJAI NAUDOJAMOS PROGRAMINĖS PRIEMONĖS .....	39
3.4. DUOMENŲ BAZĖS STRUKTŪRA.....	39
3.5. SISTEMOS BENDRASIS MODELIS .....	41
3.6. PROGRAMINIŲ MODULIŲ SPECIFIKACIJOS .....	42
3.6.1. Programinis modulis “Geometrinės transformacijos – Administracinis“ .....	42
3.6.2. Programinis modulis “Geometrinės transformacijos – Testavimas“ .....	51
<b>4. VARTOTOJO DOKUMENTACIJA</b> .....	<b>55</b>
4.1. SISTEMOS FUNKCINIS APRAŠYMAS .....	55
4.2. SISTEMOS INSTALIAVIMO DOKUMENTAS .....	56
4.3. SISTEMOS VADOVAS .....	58
4.4. SISTEMOS ADMINISTRATORIAUS VADOVAS .....	73
<b>5. SISTEMOS TESTAVIMAS</b> .....	<b>74</b>
<b>6. IŠVADOS</b> .....	<b>77</b>
<b>7. LITERATŪRA</b> .....	<b>78</b>
<b>8. TERMINŲ IR SANTRUMPŲ ŽODYNAS</b> .....	<b>80</b>
<b>9. SUMMARY</b> .....	<b>81</b>
<b>10. PRIEDAI</b> .....	<b>82</b>

# 1. ĮVADAS

Kiekvienais metais universitetuose egzaminuojama tūkstančiai studentų. Dauguma tokių patikrinimų atliekami rašytine forma, o tai reiškia, kad dėstytojams tenka patikrinti daug studentų darbų. Nemažai dėstytojų pamėgo daryti egzaminus ir kitus atsiskaitymus testo forma.

**Testas** – sisteminga procedūra, kuria matuojamas koks nors individo elgesio modelis tam, kad tas elgesys būtų įvertintas pagal tam tikrus standartus, normas. Taip pat testus galima apibrėžti ir kaip standartizuotas užduotis raštu bei jų sistemas. Testuose pateikiamos standartizuotos, objektyvios ir patikimos užduotys. Patikimumas – viena svarbiausių testo savybių.

Testai paprastai būna 2 tipų:

- ✓ pagrįsti normomis (leidžia palyginti vieno individo rezultatus su kitų individų rezultatais);
- ✓ pagrįsti kriterijais (individo rezultatai lyginami su tam tikru sutartu atlikimo lygiu arba kriterijumi).

Didaktiniai testai (skirti žinioms tikrinti) intensyviai kuriami nuo 20 a. vidurio ir yra vis plačiau naudojami. Jais tiriamas žinių lygis, mokymosi rezultatų dinamika. Viena iš testo populiarumo priežasčių – jie teikia kiekybinį įgūdžių ar mokslo pažangumo įvertinimą, rodo, kiek yra išmokta. Testavimas leidžia dėstytojui greičiau ir objektyviau įvertinti studentus bei sumažinti klaidingo įvertinimo tikimybę. Tiesa, visų tipų testai turi tam tikrų trūkumų.

Minėti privalumai skatina plačiau naudoti testus, tačiau testams paruošti sugaištama nemažai laiko, nes kiekvieną naują variantą reikia perspausdinti ir padauginti. Popieriuje spausdinamuose testuose sudėtinga sukurti problemines ar modeliuojamas situacijas. Tai geriau galima padaryti naudojant kompiuterines testavimo sistemas.

Kompiuterinių testavimo sistemų pranašumas yra toks, kad testai įvertinami operatyviai, klaidos galimybė beveik lygi 0, galima sukurti įvairaus tipo klausimus, kuriuose įmanoma modeliuoti situacijas, spręsti problemines situacijas ir scenarijus. Kompiuterinis testavimas leidžia sumažinti ir dėstytojo darbo sąnaudas. Šie nurodyti dalykai ir paskatino sukurti plokštumos ir trimatės erdvės geometrinių transformacijų testavimo sistemą.

**Darbo temos aktualumas.** Šiuo metu Praktinės informatikos katedroje naudojama nedidelė plokštumos geometrinių transformacijų testavimo sistema, kuri yra gana ribotų galimybių ir veikia tik AutoCAD programoje. Ten nėra galimybės išsaugoti studentų įvertinimų. Ši sistema tik iš dalies patenkina dėstytojo poreikius. Todėl kuriamai sistemai keliami tikslai supaprastinti užduočių kūrimą, suteikti galimybę sudaryti testų rinkinius bei išsaugoti studentų įvertinimus. Tai turėtų padėti pagerinti testavimo procesą ir palengvinti dėstytojo darbą.

**Darbo temos naujumas.** Sunku pasakyti, ar ši testavimo sistema yra panaši į kažkurią egzistuojančią sistemą, nes yra naudojama nemažai skirtingų kompiuterizuotų testavimo sistemų, kurios dažniausiai kažkuo tarpusavyje skiriasi. Analogiškam dalykui skirtų testavimo sistemų surasti nepavyko. Kuriant šią sistemą nebuvo naudojamosi jokia testavimo sistemos analogu ar prototipu.

**Darbo tikslas** – pagal apibrėžtus reikalavimus sukurti plokštumos ir trimatės erdvės geometrinių transformacijų testavimo (testų sudarymo ir testavimo) sistemą.

**Darbo uždaviniai:**

- ✓ apžvelgti ir panagrinėti visas plokštumos ir trimatės erdvės transformacijas;
- ✓ suformuluoti geometrinių transformacijų testų sudarymo ir testavimo palaikymo uždavinį;
- ✓ suformuluoti reikalavimus kuriamai sistemai;
- ✓ paruošti geometrinių transformacijų testų sudarymo ir testavimo sistemos projektą;
- ✓ realizuoti parengtą projektą, kruopščiai laikantis suformuluotų reikalavimų;
- ✓ paruošti išsamią vartotojo dokumentaciją;
- ✓ išbandyti sistemą ir pašalinti jos trūkumus bei silpnąsias vietas.

**Darbo rezultatai.** Darbe apžvelgtos plokštumos ir trimatės erdvės geometrinės transformacijos, jų klasifikacija bei išnagrinėtos jas aprašančios formulės. Sukurta ir su užsakovu suderinta reikalavimų specifikacija, pagal ją parengtas detalus sistemos projektas. Pakoreguotas projektas buvo realizuotas dviejų modulių geometrinių transformacijų testų sudarymo ir testavimo sistema, kurios testavimo metu buvo atlikti reikalingi bandymai.

**Darbo praktinė reikšmė.** Realizuota sistema padės dėstytojui lengviau ir greičiau kurti plokštumos ir trimatės erdvės geometrinių transformacijų užduotis, formuoti testų rinkinius. Dėstytojas galės patogiai peržiūrėti studentų įvertinimus, juos atspausdinti. Studentams supaprastės pats testavimo procesas ir sumažės klaidų įvedant transformacijų matricą.

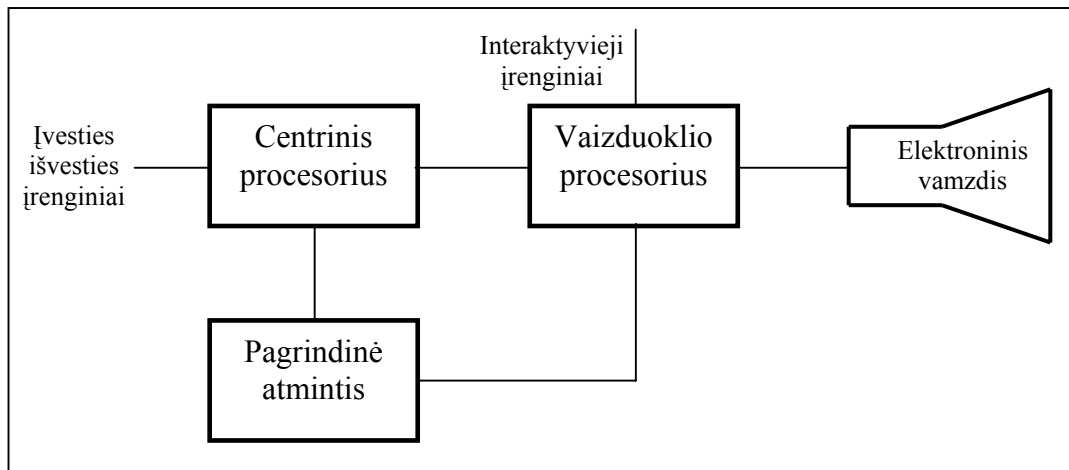
**Darbo struktūra.** Teorinėje darbo dalyje (2 skyriuje) aptariama geometrinių transformacijų teorija: sąvokos, klasifikacija, formulės. Projektinėje darbo dalyje (3 skyriuje) pateikiamas kuriamos sistemos projektas: reikalavimų specifikacija, Use Case modeliai, funkcijų diagramos, realizacijos priemonės, duomenų bazės struktūra, sistemos bendrasis modelis. 4 skyriuje sudėta vartotojo dokumentacija. 5 skyriuje aptariamas parengtos sistemos testavimo rezultatai.

Prie šio darbo kompaktinėje plokštelėje pridedama parengta testų sudarymo ir testavimo sistema (programinė įranga).

## 2. GEOMETRINIŲ TRANSFORMACIJŲ IR JŲ PANAUDOJIMO ANALIZĖ

### 2.1. GRAFINĖS SISTEMOS IR TRANSFORMACIJOS

Grafinių sistemų būdingieji techniniai komponentai yra elektroninis vamzdis (arba apibendrinus – vaizduoklis), vaizduoklio procesorius, centrinis procesorius, pagrindinė atmintis, dialogo įrenginiai, specialūs grafinių duomenų įvesties bei išvesties įrenginiai (9, p.9; 6, p.145-146).



1 pav. Pagrindiniai techniniai grafines sistemos komponentai (9, p.9)

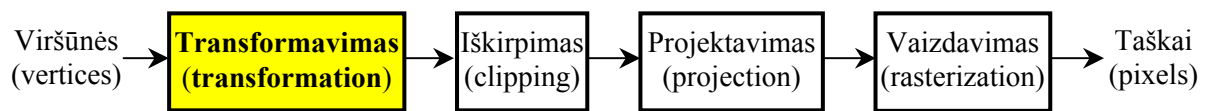
Grafinės sistemos vaizduoklio procesorius vaizdo duomenis gauna iš vartotojo programos. Tie duomenys yra ekrano taškų šviesos ryškumo reikšmės ir jie perduodami į elektroninį vamzdį.

Galima nurodyti tokius vaizduoklio procesoriaus uždavinius (3, p.8; 10):

- ❖ Sudaryti atkarpas, kreivių lankus;
- ❖ Užpildyti spalvotus plotus;
- ❖ Generuoti simbolius;
- ❖ **Transformuoti objektus;**
- ❖ Manipuliuoti vaizdais vaizduoklio ekrane.

Taigi, transformacijų atlikimas yra vienas iš vaizduoklio procesoriaus uždavinių.

Kalbant apie programinę grafines sistemos pusę, reikia paminėti grafinių konvejerių (angl. *graphics pipeline*). Grafinis konvejeris aprašo erdvių seką (pvz., modelio erdvė, perspektyvos erdvė ir kt.), kurią pereina objektų koordinatės, kai objektas iš konceptualaus modelio virsta matomais taškais vaizduoklio ekrane (11). Trumpai panagrinėsime geometrinį konvejerių (angl. *geometric pipeline*), kuris techninėje literatūroje pateikiamas kaip standartinio grafinio konvejerio sudedamoji dalis. Geometrinio konvejerio schema:



**2 pav.** Geometrinis konvejeris (2, p.29; 11)

Pirmiausia visų trimatčių objektų paviršiai suskaidomi į daugiakampius, dažniausiai - į trikampius. Taip žymiai supaprastinami būsimieji skaičiavimai. Kiekvienas taškas (arba tik visas trikampis) gali turėti savo spalvą ir/arba skaidrumą apibūdinančias vertes (10). Toliau visi veiksmai atliekami su tais trikampaiais (ar jų viršūnėmis).

**Transformavimo** (angl. *transformation*) etape (žr. 2 pav.) perskaičiuojamos visų trimatčių objektų (dabar jau tiesiog trikampių) koordinatės, atsižvelgiant į tai, kur yra stebėjimo taškas. Transformacijos yra atliekamos geometrinių transformacijų pagalba. Transformavimo etapas sudarytas iš 2 dalių (12).

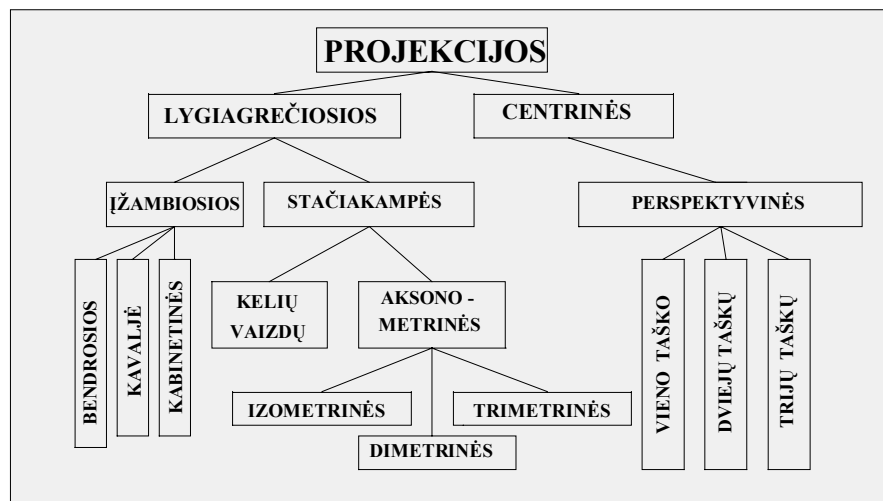
Visų pirma atliekamas modelio transformavimas (angl. *modeling transformation*), kurio metu trimatį objektą sudarantys grafiniai primityvai yra transformuojami iš objekto koordinatės sistemos į pasaulio koordinatės sistemą (angl. *world coordinate system*) (14; 11). Nustatoma komponento viršūnių, kurios transformuojamos, vieta, mastelis ir orientacija taip, kad komponentas tampa sudėtingesnio trimatčio objekto dalimi, t.y. objektai komponuojami į sudėtingesnę kompleksinę objektą (13). Tai atliekama transformuojant kiekvieno trikampių viršūnes transformacijų kompozicijos matrica, sudaryta iš individualių modeliavimo geometrinių transformacijų (6, p.868).

Po to yra atliekama transformacija žiūrėjimo kryptimi (angl. *viewing transformation*) (11; 14). Čia pasaulio koordinatės yra transformuojamos į žiūrėjimo krypties vektoriaus koordinatės (angl. *viewing coordinates*) (6, p.869; 15). Šis transformavimas leidžia nustatyti vaizdo dalis (atsižvelgiant į stebėtojo vietą ir orientaciją), kurios yra už matomumo (lango) ribų ir parodo vaizdą iš stebėtojo pozicijos (8, p.4; 11). Tai leis nustatyti, kokį vaizdą reikia iškirpti. Viena transformacija žiūrėjimo kryptimi pritaikoma visų trimatčių scenos objektų visoms viršūnėms.

**Iškirpimo** (angl. *clipping*) etape (žr. 2 pav.) iškerpamas tas vaizdas, kuris bus matomas vaizduoklyje. Netelpantis vaizdas nebus rodomas. Taip daroma todėl, kad dažniausiai neįmanoma iš karto matyti viso vaizdo. Be to, nėra tikslo atlikti daug skaičiavimų tiems objektams, kurie nėra matomi ekrane. Geometriniame konvejeriame iškirpimas atliekamas homogeninėse koordinatėse. Taip pat yra laikoma, kad tik nedideliam primityvų skaičiui (10% ar mažiau) reikalingas iškirpimas (6, p.870). Kitu atveju, sistemos našumas gali gerokai sumažėti. Po šio etapo gaunamos iškirpimo koordinatės (angl. *clipping coordinates*) (11).

**Projektavimo** arba **projekcijos formavimo** (angl. *projection*) etape (žr. 2 pav.) atliekamas trimatčių objektų projektavimas į dvimatės erdvės lango koordinatės (angl. *window*

*coordinates*)(2, p.30; 11). Tai daroma transformacijų pagalba. Viena projekcijos transformacija yra taikoma visų trimatės scenos objektų visoms viršūnėms (13). Yra du projektavimo metodai. Lygiagrečiosiose projekcijose koordinačių pozicijos transformuojamos išilgai lygiagrečių tiesių iki sankirtos su vaizdavimo plokštuma. Lygiagrečiosios projekcijos dažniausiai išlaiko santykinę objekto matmenų proporcijas. Lygiagrečiosiomis projekcijomis gaunami tikslūs įvairių objekto pusių vaizdai, tačiau jie nesudaro tikroviško trimatės erdvės objekto vaizdo. Centrinėse projekcijose objekto taškai transformuojami iki sankirtos su vaizdavimo plokštuma išilgai tiesių, susikertančių viename taške, kuris vadinamas projektavimo centru. Centrinės projekcijos duoda visiškai priešingą efektą: perteikia tikrovišką trimatės erdvės objekto vaizdą, bet neturi matmenų santykinų proporcijų (9, p.57). Šios plokščiosios projekcijos klasifikuojamos ir detaliau (žr. 3 pav.)



3 pav. Plokščiųjų projekcijų klasifikacija (9, p.57)

**Vaizdavimo** (angl. *rasterization*) etape (žr. 2 pav.) dvimačiai primityvai konvertuojami į taškų reikšmes, kurios saugomos kadrų buferyje (6, p.870; 8, p.4; 16). Kiekvienas trimatės erdvės taškas projektuojamas į tašką dvimačiame taškiniame ekrane, t.y. į ekrano koordinatas (angl. *scan conversion*). Tada yra pašalinamos nematomos plokštumos, o kiekvieno būsimo vaizdo taško "gylis" (išivaizduojamas atstumas nuo ekrano iki tame taške matomo objekto) šio žingsnio metu fiksuojamas Z buferyje. Paviršiai yra padengiami tekstūromis (angl. *texture mapping*), atliekamas briaunų suglaudvinimas, šešėlių bei atspindžių vaizdavimas (angl. *shading*) (10). Vaizdavimo etapas reikalauja daugiausia skaičiavimų, kuriuos atlieka trimatis spartintuvas. Tekstūros bei objektų geometrinės koordinatės iš kompiuterio operatyvinės atminties perkeliama į spartintuvo atmintinę.

Vaizduoklio kontroleris (tai specialusis procesorius, valdantis vaizduoklio operacijas), regeneruodamas ekraną, iš atminties skaito kadrų buferio turinį. Jis perduoda elektroniniam vamzdžiui taškų reikšmes, ir reikiamas vaizdas pasirodo vaizduoklyje.



## 2.2. GEOMETRINĖS TRANSFORMACIJOS SĄVOKA

Atvaizduoti vien statinius objektus kompiuterio ekrane nepakanka – reikia sugebėti juos perkelti, pasukti, pakeisti jų proporcijas ir t.t. Todėl kompiuterinėje grafikoje labai dažnai naudojamos *geometrinės transformacijos*. A.Lenkevičius ir J.Matickas nurodo, jog geometrinė transformacija – vaizduojamo objekto padėties, dydžio, orientacijos ir formos pakeitimas, atlikus veiksmus su jo koordinatėmis (9, p.32). V.B.Anand teigia, kad geometrinėmis transformacijomis apibrėžiamas objektą sudarančių taškų naujų koordinatinių perskaičiavimas (iš jų pradinės vietos į transformuotą) (1, p.58). Panašų apibrėžimą pateikia ir E.Angel: transformacija – tai funkcija, kuri tašką ar vektorių atvaizduoja į kitą tašką ar vektorių (2, p.141). Transformacija perkelia taškus pagal tam tikras nustatytas taisykles, todėl mastelio pakeitimas, objekto pasukimas ar perkėlimas gali būti atliktas transformuojant tam tikrų taškų koordinates. Kiekvienam pradiniam taškui yra gaunamas vienas ir tik vienas transformuotas taškas (1, p.58).

Geometrinės transformacijos nagrinėti galima dviem aspektais (1, p.58):

- ❖ Kaip objektų transformacijos, kurios keičia objektą sudarančių taškų koordinates, tačiau nekeičia pagrindinės koordinatinių sistemos.

- ❖ Kaip koordinatinių sistemos transformacijos, kurios sukuria naujas koordinatinių sistemas ir tada jose atvaizduoja objektą sudarančius taškus.

Šie du požiūriai yra ekvivalentiški. Kompiuterinėje grafikoje įprasta naudoti objektų transformacijas, t.y. pirmąjį požiūrį.

## 2.3. GEOMETRINIŲ TRANSFORMACIJŲ KLASIFIKACIJA

Geometrinės transformacijos pagal erdves yra skirstomos į:

- ❖ Dvimatės erdvės transformacijos;
- ❖ Trimatės erdvės transformacijos.

Taip pat abiejų šių rūšių transformacijas galima klasifikuoti dar į dvi grupes:

- ❖ Kietąsias kūno transformacijas (jos pakeičia kūno vietą be jo deformacijų): perkėlimas, pasukimas, atspindys.

- ❖ Nekietąsias kūno transformacijas (jos deformuoja kūną): mastelis, šlytis.

Apskritai yra 5 geometrinės transformacijos:

- ❖ Perkėlimas;
- ❖ Mastelio pakeitimas;
- ❖ Pasukimas;
- ❖ Atspindys;
- ❖ Šlytis.

Taip pat dar galima išskirti transformacijų kompoziciją – įvairių transformacijų tipų seką. Savo darbe nagrinėsiu visas čia paminėtas dvimates ir trimates geometrines transformacijas.

## 2.4. OBJEKTŲ IR TRANSFORMACIJŲ APRAŠYMAS KOMPIUTERINĖJE GRAFIKOJE

Objektams plokštumoje aprašyti įprastai yra naudojama stačiakampė (Dekarto) koordinatinių sistema. O tų objektų skaitmeninis aprašymas kompiuterinėje grafikoje vadinamas objekto modeliu (9, p.32).

Pagrindinis modelio elementas yra taškas. Pavyzdžiui, atkarpa nusakoma jos galų taškais, paviršius – taškų rinkiniu. Visa, kas vaizduojama plokštumoje, apibrėžiama visuma  $x$ ,  $y$  koordinatinių ar taškų, kurie yra elementariausios bet kurio modelio dalys. Apdorojant kompiuteriu, objektą aprašančius koordinatinių rinkinius patogų sujungti į matricas. Čia galima prisiminti, jog matrica vadinama stačiakampė  $m \times n$  skaičių lentelė, sudaryta iš  $m$  eilučių ir  $n$  stulpelių, ir žymima (7, p.9):

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix} \text{ arba } A = (a_{ij}), \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}.$$

Tose elementariosiose matricose taškui aprašyti gali būti vartojamas vienodai tiek vektorius stulpelis, tiek ir vektorius eilutė. Vektoriumi eilute (stulpeliu) vadinama matrica, sudaryta iš eilutės (stulpelio) (7, p.9). Vieni autoriai pasirenka objekto aprašymui vektorių eilutę (pvz., V.B.Anand, W.S.Hall, P.A.Egerton, P.Cooley ir kt.), kiti – vektorių stulpelį (pvz., E.Angel, H.R.Jones ir kt.). Čia jis bus aprašomas vektoriumi eilute. Pavyzdžiui, trikampis gali būti aprašomas tokia jo viršūnių koordinatinių matrica:

$$[P]_{TRIK} = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 \\ x_2 & y_2 \\ x_3 & y_3 \end{bmatrix}$$

Koordinates sujungus į matricas, geometrines transformacijas galima atlikti matricų daugyba ir vektorių sudėtimi (9, p.32). Jei  $A = (a_{ik})$  yra  $[m \times s]$  formato matrica ir  $B = (b_{kj})$  yra  $[s \times n]$  formato matrica, tai matricų  $A$  ir  $B$  sandauga vadinama  $\tau(C) = [m \times n]$  formato matrica  $AB=C=(c_{ij})$ , kurios kiekvienas elementas apskaičiuojamas pagal formulę (7, p.11):

$$c_{ij} = \sum_{k=1}^s a_{ik} b_{kj}; \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}.$$

Iš čia matyti, kad sudauginti galima tikrai tokias dvi matricas, kurių pirmosios stulpelių skaičius lygus antrosios eilučių skaičiui. Taip pat svarbu atsiminti, kad matricų daugyba nekomutatyvi, t.y.  $AB \neq BA$ .

Matricomis aprašomi ne tik objektų modeliai, bet ir pačios geometrinės transformacijos, kuo vėliau ir bus galima vaizdžiai įsitikinti.

Taikant geometrinio modeliavimo metodus kompiuterinėje grafikoje vartojamos ne stačiakampės, bet **homogeninės koordinatės**. Jos padeda pasiekti, kad visos transformacijos būtų atliekamos matricų daugybos pagalba (2, p.149). Taip pat visų tipų transformacijų matricos (ir plokštumos, ir trimatės erdvės) įgauna vienodą formą.

Stačiakampių koordinačių pora  $(x,y)$  homogeninėse koordinatėse išreiškiama tokiu trejetu  $(h \times x, h \times y, h)$ ; čia homogeniškumo parametras  $h \neq 0$  (9, p.32). Taigi kiekvienas taškas  $(x,y)$  turi begalinį skaičių ekvivalentinio homogeninio atvaizdavimo būdų. Pavyzdžiui, stačiakampių koordinačių taškas  $P(3,2)$  gali būti vaizduojamas homogeninių koordinačių taškais  $P(6,4,2)$ ,  $P(15,10,5)$ ,  $P(3,2,1)$  ir t.t. Kompiuterinėje grafikoje dažnai vartojama  $h=1$  reikšmė. Tada kiekviena pozicija homogeninėse koordinatėse aprašoma  $(x,y,1)$  (8, p.162). Bendruoju atveju homogeninių koordinačių taškas  $P(a,b,h)$  gali būti pakeistas stačiakampių koordinačių tašku  $P(a/h,b/h,1)$ , kur (1, p.58; 6, p.204):

$$x = a/h \text{ ir } y = b/h$$

[vairiose formulėse (dvimatėje erdvėje), naudojant homogenines koordinates, objektai bus aprašomi  $[n \times 3]$  taškų matricomis ( $n$  – taškų skaičius objektui aprašyti).

Taip pat homogeninės koordinatės naudojamos ir trimatėje erdvėje, kur koordinatės išreiškiamos ketvertu  $(h \times x, h \times y, h \times z, h)$ ; čia homogeniškumo parametras  $h \neq 0$  (2, p.130). Trimatės erdvės transformacijų matricų formulėse objektai bus aprašomi  $[n \times 4]$  taškų matricomis ( $n$  – taškų skaičius objektui aprašyti).

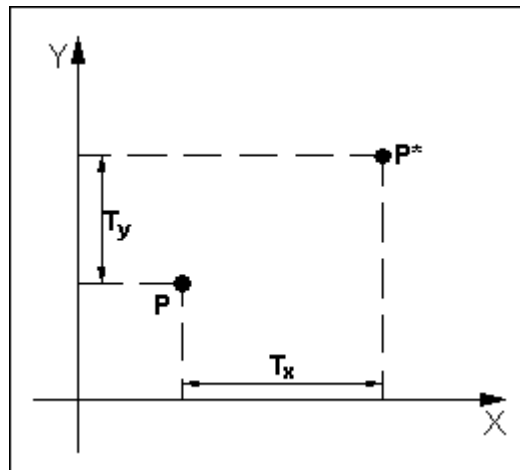
## 2.5. GEOMETRINĖS TRANSFORMACIJOS PLOKŠTUMOJE

### 2.5.1. Perkėlimo transformacija

Perkėlimo transformacija objektas perkeliamas iš pradinės padėties į kitą padėtį. Perkėlimas atliekamas tam tikra kryptimi ir tam tikru atstumu (1, p.59; 2, p.144). Objektas gali būti perkeliamas tik x ašies, tik y ašies arba abiejų ašių atžvilgiu.

Taškas plokštumoje į naują poziciją  $(x^*,y^*)$  perkeliamas prie pradinės padėties koordinačių  $(x,y)$  pridendant perkėlimo parametrus  $T_x$  ir  $T_y$  ( $T_x$  – perkėlimo atstumas x ašies kryptimi;  $T_y$  – perkėlimo atstumas y ašies kryptimi) (žr. 4 pav.) (8, p.80):

$$\begin{aligned} x^* &= x + T_x, \\ y^* &= y + T_y \end{aligned} \tag{2.1}$$



4 pav. Taško P perkėlimas į poziciją P\*

Perkėlimo transformacija naudojant homogenines koordinates išreiškiama matricine forma (1, p.60; 3, p.38):

$$[x^* \quad y^* \quad 1] = [x \quad y \quad 1] \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ T_x & T_y & 1 \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

Arba sutrumpinta forma

$$P^* = P \bullet T(T_x, T_y); \quad (2.3)$$

čia  $T(T_x, T_y)$  – perkėlimo iš lygties (2.2) matrica.

Sudauginus (2.2) matricas gaunamos koordinatėjų skaičiavimo išraiškos (2.1) (9, p.33).

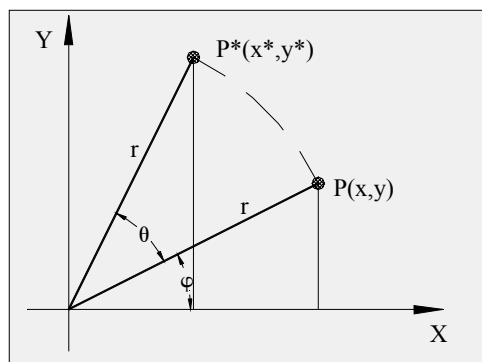
### 2.5.2. Pasukimo transformacija

Pasukimo transformacija vadinamas pasukimas apie koordinatėjų pradžią tam tikru nurodytu kampu  $\theta$  (1, p.60).

Atliekant objekto pasukimą plokštumoje, visi jo taškai juda apie sukimosi centrą apskritimų lankais. Reikia pažymėti, jog sukant objektą tik vienas jo taškas lieka pradinėje padėtyje (nepakinta). Šis taškas vadinamas fiksuotu transformacijos tašku (2, p.145).

Pasukimui apibrėžti reikia nurodyti taško, apie kurį sukame objektą, koordinates ir pasukimo kampą  $\theta$ . Teigiamą sukimo kryptimi laikomas pasukimas kampu prieš laikrodžio rodyklę, neigiamą – pasukimas kampu pagal laikrodžio rodyklę (9, p.34).

Tarkime, pradinė taško P padėtis apibrėžiama jo koordinatėmis  $(x, y)$  ir jis pasukamas apie koordinatėjų pradžią teigiamą kryptimi kampu  $\theta$  (žr. 5 pav.).



**5 pav.** Taško pasukimas kampu  $\theta$  iš pradinės padėties  $P(x,y)$  į padėtį  $P^*(x^*,y^*)$  (9, p.34)

Taško po pasukimo koordinatžių skaičiavimo išraiškos (9, p.34; 8, p.160):

$$\begin{aligned} x^* &= x \cos \theta - y \sin \theta, \\ y^* &= x \sin \theta + y \cos \theta \end{aligned} \quad (2.4)$$

Taigi taško koordinatės po pasukimo gaunamos iš šių išraiškų įrašius jo pradinės padėties koordinates ir pasukimo kampą.

Homogeninėse koordinatėse pasukimo transformacija (1, p.61; 3, p.63):

$$\begin{bmatrix} x^* & y^* & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x & y & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.5)$$

arba sutrumpinta forma

$$\mathbf{P}^* = \mathbf{P} \bullet \mathbf{R}(\Theta); \quad (2.6)$$

čia  $\mathbf{R}(\Theta)$  – pasukimo matrica iš (2.5) lygties.

### 2.5.3. Mastelio pakeitimo transformacija

Objektų dydžio pakeitimas atliekamas mastelio pakeitimo arba tiesiog mastelio transformacija. Mastelio pakeitimo transformacija keičia objektą padidindama arba sumažindami jo matmenis (žr. 6 pav.). Mastelio pakeitimo transformacija gali būti parašyta taip (9, p.35; 6, p.202):

$$\begin{aligned} x^* &= xS_x, \\ y^* &= yS_y \end{aligned} \quad (2.7)$$

Mastelių koeficientai  $S_x$  ir  $S_y$  pakeičia atitinkamos koordinatės reikšmę:  $S_x$  – koordinatės  $x$ ,  $S_y$  – koordinatės  $y$  (8, p.80).

Mastelio pakeitimo transformacija homogeninėse koordinatėse (1, p.59):

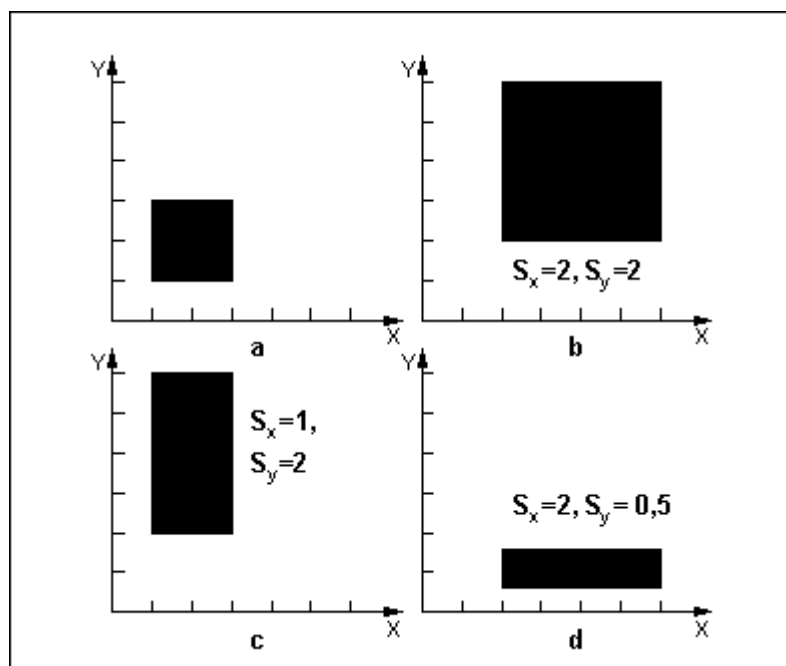
$$\begin{bmatrix} x^* & y^* & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x & y & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S_x & 0 & 0 \\ 0 & S_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

arba sutrumpinta forma

$$\mathbf{P}^* = \mathbf{P} \bullet \mathbf{S}(S_x, S_y) \quad (2.9)$$

$S_x$  ir  $S_y$  reikšmės yra tik teigiamos (jei jos neigiamos, tai jau atspindžio transformacija) (2, p.146).

Mastelio koeficientai, mažesni už 1, mažina objektą, didesni už 1 – didina (žr. 6 pav.). Kai koeficientai lygūs vienetui, objekto matmenys nepakeičiami. Kai naudojamos vienodos mastelių  $S_x$  ir  $S_y$  reikšmės, objektas išlaiko savo matmenų santykinę proporcijas (žr. 6 pav., b). Toks mastelio pakeitimas vadinamas balansuotu. Jei  $S_x$  ir  $S_y$  reikšmės skiriasi, tuomet objekto proporcijos pakinta ir toks mastelio pakeitimas vadinamas nesubalansuotu (5, p.116) (žr. 6 pav., c ir d).



**6 pav.** Mastelio pakeitimo transformacijos (9, p.36)

Mastelio transformacija ne tik pakeičia objekto matmenis, bet ir jį perkelia. Fiksuoto taško nėra. Masteliu, didesniu už 1, perkeliama tolyn nuo koordinatų pradžios (žr. 6 pav., b ir c), o masteliu, mažesniu už 1, – artyn koordinatų pradžios (žr. 6 pav., d) (6, p.202; 9, p.35).

Taip pat galima pastebėti, kad kai  $S_x=1$ , tai po transformacijos visų taškų  $x$  koordinatės nepasikeičia (žr. 6 pav., c); kai  $S_y=1$ , tai po transformacijos visų taškų  $y$  koordinatės nepasikeičia. Kai  $S_x=0$ , tai po transformacijos visi taškai atsiduria ant  $Y$  ašies (visų taškų  $x$  koordinatės lygios 0); kai  $S_y=0$ , tai po transformacijos visi taškai atsiduria ant  $X$  ašies (visų taškų  $y$  koordinatės lygios 0).

#### **2.5.4. Atspindžio transformacija**

Atspindžio transformacija naudinga konstruojant simetriškus objektus. Nubraižius pusę simetriško objekto, antrąją jo pusę galima gauti atspindžiu (1, p.64). Atspindys gaunamas objektą pasukant  $180^\circ$  apie atspindžio ašį. Atspindžio ašį galima pasirinkti plokštumoje  $xy$  arba statmeną šiai plokštumai. Jei atspindžio ašis yra plokštumoje  $xy$ , tada pasukimo trajektorija yra

plokštumoje, statmenoje plokštumai  $xy$ . Jei atspindžio ašis statmena plokštumai  $xy$ , pasukimo trajektorija yra plokštumoje  $xy$ .

Atspindys apie ašį  $x=0$  nekeičia koordinatų  $x$  ir turi įtakos tik koordinatėms  $y$  (žr. 7 pav., a). Galima įsivaizduoti, kad objektas, pasuktas erdvėje  $180^\circ$  iš padėties vienoje ašies  $x$  pusėje perkeliamas į kitą ašies pusę. Ši atspindį realizuoja matrica (1, p.64; 3, p.64):

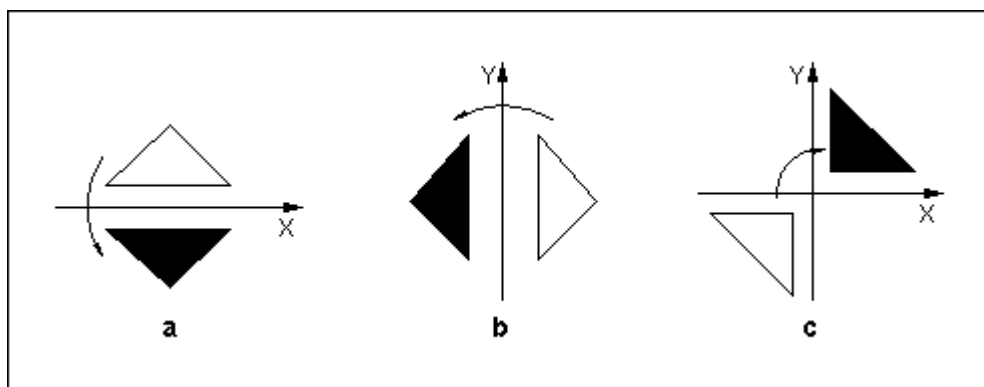
$$[T_{ATSP}]_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.10)$$

Atspindys apie ašį  $y=0$  nekeičia koordinatų  $y$ , tik keičia koordinatų  $x$  ženklus (žr. 7 pav., b). Objektas erdvėje pasukamas apie ašį  $y$ . Šios transformacijos matrica (1, p.64; 3, p.64):

$$[T_{ATSP}]_y = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.11)$$

Jei atspindžio ašis statmena plokštumai  $xy$  ir ją kerta koordinatų pradžioje, tai tokios ašies atžvilgiu atspindimas objektas  $180^\circ$  pasukamas plokštumoje  $xy$ . Gaunamas įprastas atspindys koordinatų pradžios atžvilgiu (žr. 7 pav., c). Toks atspindys įvykdomas matrica (1, p.64; 3, p.65):

$$[T_{ATSP}]_0 = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.12)$$



**7 pav.** Atspindžio transformacijos (1, p.64)

Atspindys realizuojamas įvairių padėčių atkarpų ir taškų atžvilgiu. Pavyzdžiui, atspindys atkarpos, sutampančios su tiese  $x=y$ , atžvilgiu realizuojamas trijų transformacijų kompozicija (žr. toliau). Atspindžiai įvairių padėčių atkarpų atžvilgiu grafinėse sistemose realizuojami funkcijomis. Šioms funkcijoms nurodomi atkarpų galai, o atspindys gaunamas transformacijų kompozicijos matrica (9, p.41).

### 2.5.5. Šlyties transformacija

Šlyties transformacija keičia objekto formą norima kryptimi. Plokščių objektų formą paprasčiausiai galima keisti koordinačių ašių kryptimis. Šlyties transformacija pakeičia koordinatės reikšmę, pridėdama jai kitos koordinatės tiesinę funkciją (1, p.67).

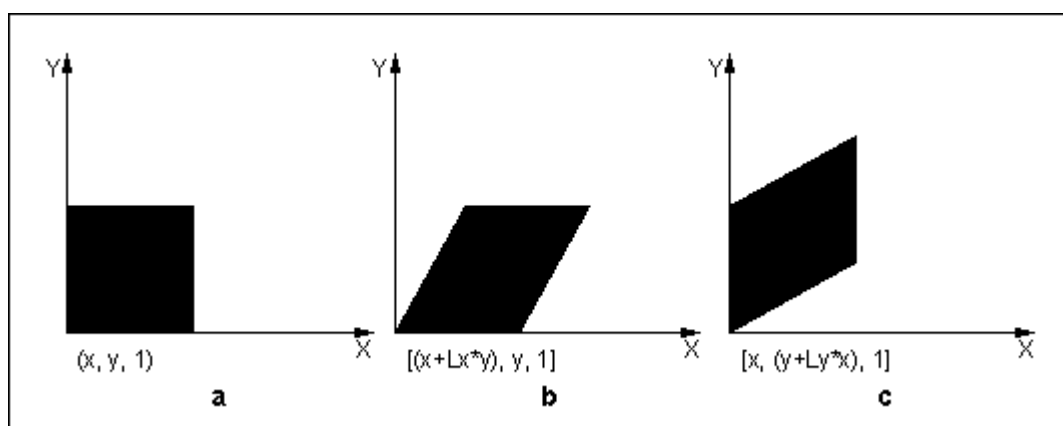
Ašies x kryptimi objekto formą galima pakeisti taip (žr. 8 pav., b) (1, p.67; 9, p.41):

$$\begin{bmatrix} x^* & y^* & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x & y & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ L_x & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.13)$$

Iš čia

$$x^* = x + L_x * y, \quad y^* = y.$$

Šlyties parametras  $L_x$  – bet koks realusis skaičius.



8 pav. Šlytis x ir y ašių atžvilgiu (1, p.67)

Ašies y kryptimi šlyties transformacija gaunama taip (žr. 8 pav., c) (1, p.67; 9, p.42) :

$$\begin{bmatrix} x^* & y^* & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x & y & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & L_y & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.14)$$

Parametrai  $L_x$  ir  $L_y$  galioja visos tos pačios savybės, kaip parametrai  $L_x$ , t.y.:

$$x^* = x, \quad y^* = y + x * L_y.$$

### 2.5.6. Transformacijų kompozicija

Dažnai norimam tikslui gauti reikia atlikti ne vieną transformaciją. Pavyzdžiui, po mastelio pakeitimo gali būti atliekamos perkėlimo ir pasukimo transformacijos ar panašiai. Paprastai naudojant transformacijų kompoziciją skaičiavimai atliekami vienu iš dviejų būdų:

1. Objekto koordinatės dauginamos iš pavienių transformacijų matricių. Pradžioje būtų dauginamos pirmosios transformacijos matricos, po to gautosios koordinatės – iš antrosios transformacijos matricos. Taip objekto koordinatės būtų dauginamos iš transformacijos matricos tiek kartų, kiek transformacijų reikia atlikti. Tokiu būdu

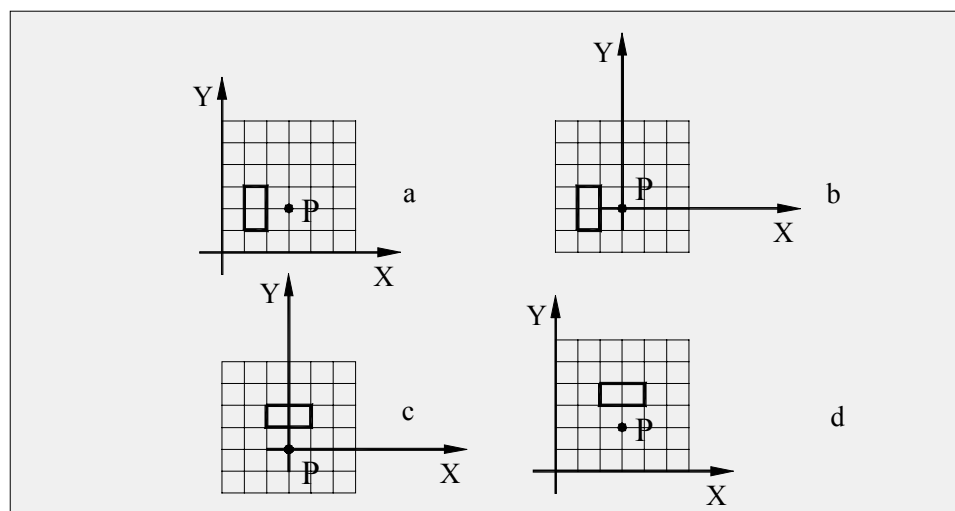


transformacijų kompozicijos matrica nėra gaunama. Šis būdas yra mažiau efektyvus, o norint atlikti tuos pačius veiksmus keliems objektams, visus skaičiavimus reikės vykdyti vis iš naujo.

Tarkime, reikia pasukti pagal laikrodžio rodyklę  $90^\circ$  kampu stačiakampį, kurio kampų koordinatės (1,1), (2,1), (2,3), (1,3), apie tašką P(3,2) (žr. 9 pav., a). Tai atliekama tokia transformacijų seka:

- 1) Taškas P perkeliamas į koordinatinių pradžių naudojant perkėlimo transformaciją (žr. 9 pav., b).

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \\ 1 & 3 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -3 & -2 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2 & -1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \\ -2 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$



**9 pav.** Transformacijų kompozicija (5, 36)

- 2) Stačiakampis pasukamas  $90^\circ$  kampu pagal laikrodžio rodyklę (žr. 9 pav., c).

$$\begin{bmatrix} -2 & -1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \\ -2 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos 90^\circ & -\sin 90^\circ & 0 \\ \sin 90^\circ & \cos 90^\circ & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 2 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

- 3) Taškas P perkeliamas į pradinę padėtį (žr. 9 pav., d).

$$\begin{bmatrix} -1 & 2 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 3 & 2 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & 4 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \\ 4 & 3 & 1 \\ 4 & 4 & 1 \end{bmatrix}$$

2. Iš pradžių yra sudauginamos pavienių transformacijų matricos ir gaunama transformacijų kompozicijos matrica. Tada pastaroji yra dauginama iš objekto koordinatinių pradinių padėtyje. Šis skaičiavimų būdas yra efektyvesnis, o norint

atlikti tuos pačius veiksmus keliems objektams, reikės pakeisti tik objektų koordinatės pradinėje padėtyje ir juos sudauginti iš turimos transformacijų kompozicijos matricos. Matricų dauginimo tvarka priklauso nuo to, kaip aprašytos objekto koordinatės: vektoriais eilutėmis ar vektoriais stulpeliais. Kadangi čia naudojami vektoriai eilutės, tai transformacijų kompozicijos matricai gauti pavienių transformacijų matricos dauginamos iš kairės į dešinę (9, p.37).

Galima palyginti naudojant tą patį aukščiau nagrinėtą pavyzdį. Šiuo atveju transformacijų kompozicijos matrica gaunama sudauginus tris matricas:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -3 & -2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos 90^\circ & -\sin 90^\circ & 0 \\ \sin 90^\circ & \cos 90^\circ & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 3 & 2 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 5 & 1 \end{bmatrix}$$

Tada objekto koordinatės pradinėje padėtyje padauginamos iš gautos matricos:

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \\ 1 & 3 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 5 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & 4 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \\ 4 & 3 & 1 \\ 4 & 4 & 1 \end{bmatrix}$$

Apibendrinant galima gauti sukimo apie laisvai pasirinktą tašką išraišką. Tokia išraiška gaunama atlikus perkėlimo, pasukimo, perkėlimo kompoziciją (9, p.37):

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -x_s & -y_s & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \Theta & \sin \Theta & 0 \\ -\sin \Theta & \cos \Theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ x_s & y_s & 1 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} \cos \Theta & \sin \Theta & 0 \\ -\sin \Theta & \cos \Theta & 0 \\ x_s(1 - \cos \Theta) + y_s \sin \Theta & y_s(1 - \cos \Theta) - x_s \sin \Theta & 1 \end{bmatrix}$$

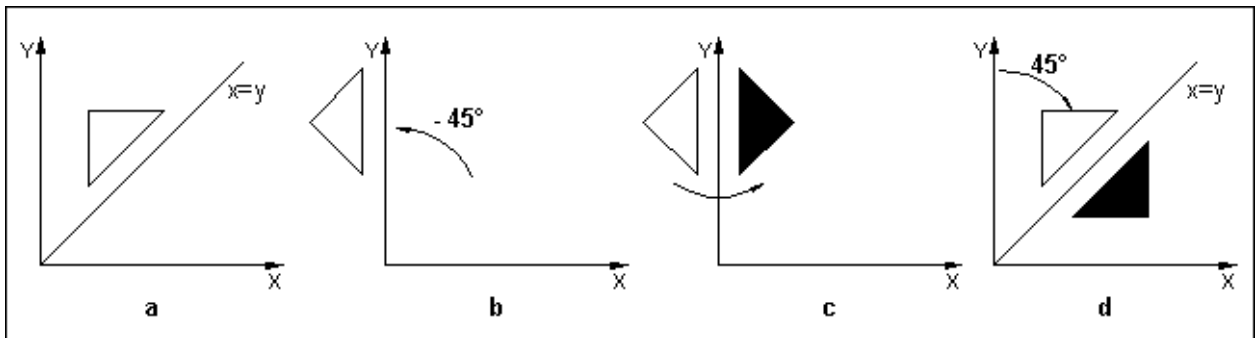
Šią kompoziciją galima panaudoti taško (x,y) pasukimo apie tašką (x<sub>s</sub>,y<sub>s</sub>) kampu  $\Theta$  koordinatėms (x',y') gauti:

$$[x' \ y' \ 1] = [x \ y \ 1] \begin{bmatrix} \cos \Theta & \sin \Theta & 0 \\ -\sin \Theta & \cos \Theta & 0 \\ x_s(1 - \cos \Theta) + y_s \sin \Theta & y_s(1 - \cos \Theta) - x_s \sin \Theta & 1 \end{bmatrix} \quad (2.15)$$

Kaip dar vieną transformacijų kompozicijos atvejį buvo žadėta panagrinėti, kaip gauti atspindį atkarpos, sutampančios su tiese x=y.

Galimi keli šios transformacijų kompozicijos realizavimo atvejai. Pasirenkamas vienas iš jų, pavyzdžiui, tiesės x=y ir atspindimojo objekto pasukimas 45° pagal laikrodžio rodyklę, atspindys ašies y atžvilgiu, x=y gražinimas į pradinę padėtį atvirkščiu pasukimu (žr. 10 pav.):

$$\begin{bmatrix} \cos 45^\circ & \sin 45^\circ & 0 \\ -\sin 45^\circ & \cos 45^\circ & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos 45^\circ & -\sin 45^\circ & 0 \\ \sin 45^\circ & \cos 45^\circ & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



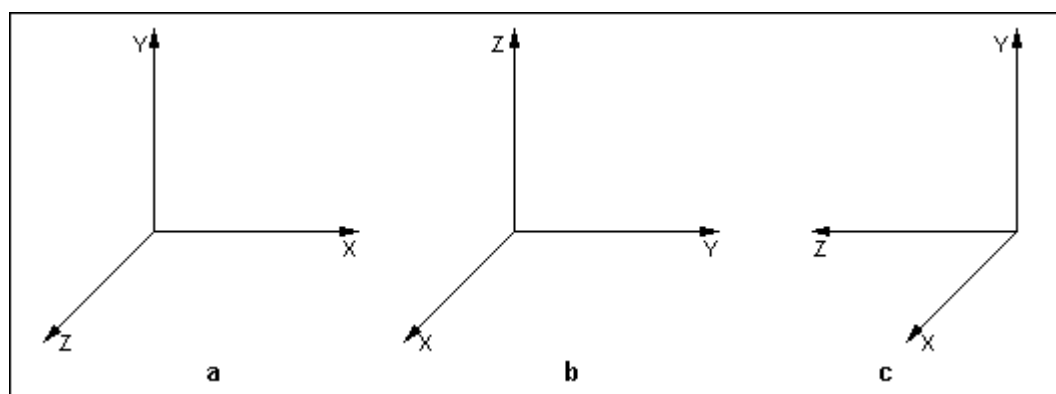
10 pav. Atspindys tiesės  $x = y$  atžvilgiu

## 2.6. GEOMETRINĖS TRANSFORMACIJOS TRIMATĖJE ERDVĖJE

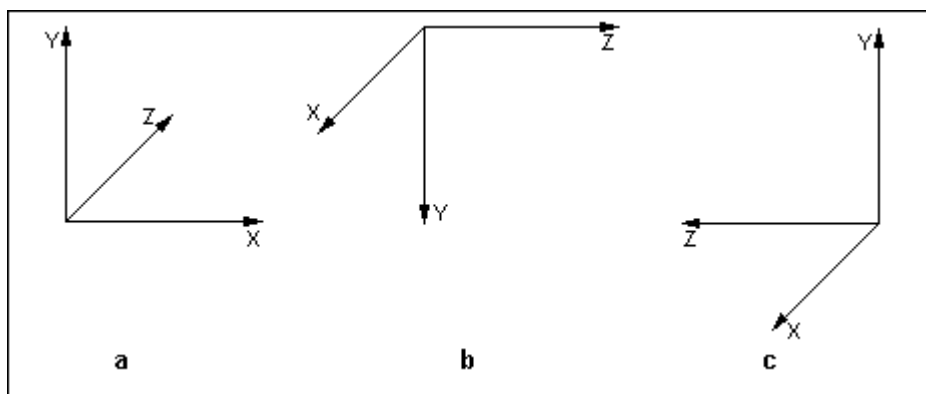
### 2.6.1. Koordinatinių sistemų trimatėje erdvėje

Inžinerinio projektavimo objektai dažniausiai nagrinėjami trimatėje erdvėje, ir jie sudaryti iš įvairiausių formų objektų. Sukurtas objektas vaizduojamas dvimatėje koordinatinių sistemoje ekrane ar popieriuje. Objektui sudaryti iš dedamųjų dalių, jo vaizdui keisti naudojamos objektų geometrijos ir koordinatinių sistemų transformacijos. Trimačių objektų modeliavimo ir geometrijos transformacijų metodai gauti išplėtus atitinkamus dvimačius metodus, t.y. įvertinus  $z$  koordinatę (9, p.52).

Trimatėje erdvėje naudojamos kairioji ir dešinioji stačiakampės koordinatinių sistemų (9, p.52; 1, p.94; 6, p.214). Jei koordinatinių sistemų pradžia laikytume kairiąją apatinį ekrano kampą, ekrano plotį tapatintume su teigiamuoju pusašiu  $x$ , o jo aukštį – su pusašiu  $y$ , tai dešiniojoje koordinatinių sistemoje teigiamasis pusašis  $z$  nukreiptas stebėtojo link (žr. 11 pav.). Kairiojoje koordinatinių sistemoje teigiamasis pusašis  $z$  nukreiptas nuo stebėtojo (žr. 12 pav.).



11 pav. Dešinioji koordinatinių sistema (teigiami pusašiai) (1, p.94)



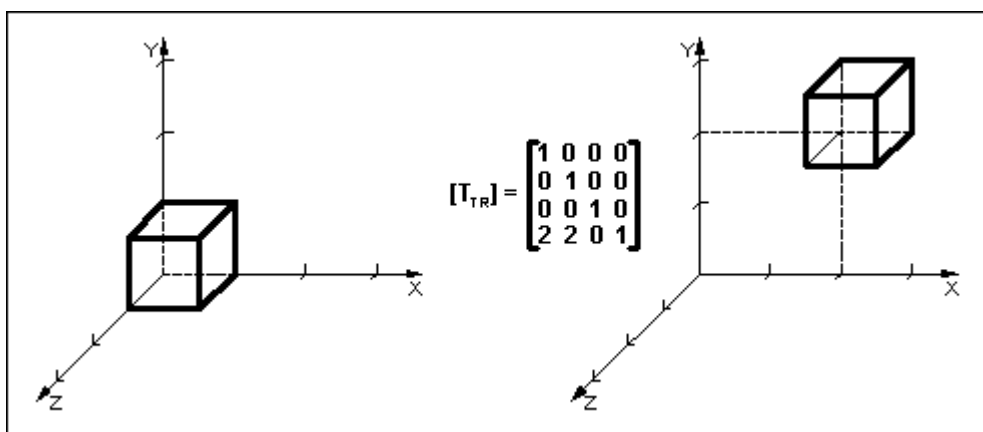
**12 pav.** Kairioji koordinacių sistema (teigiami pusašiai) (1, p.95)

Inžineriniai uždaviniai paprastai sprendžiami naudojant dešiniąją, o kompiuterinėje grafikoje dažniau naudojama kairioji koordinacių sistema (1, p.95). Taip pat gali būti naudojamos ir sferinės ar cilindrinės koordinatės. Apie homogeninių koordinacių naudojimą aiškinta skyrelyje “Objektų ir transformacijų aprašymas kompiuterinėje grafikoje”.

### 2.6.2. Perkėlimo transformacija

Taško  $(x,y,z)$  perkėlimo matrica jį perkelia iš pradinės padėties į kitą padėtį. Taškas plokštumoje į naują poziciją  $(x^*,y^*,z^*)$  perkeliamas prie pradinės padėties koordinacių  $(x,y,z)$  pridėdam perkėlimo parametrus  $T_x$ ,  $T_y$  ir  $T_z$  ( $T_x$  – perkėlimo atstumas x ašies kryptimi;  $T_y$  – perkėlimo atstumas y ašies kryptimi;  $T_z$  – perkėlimo atstumas z ašies kryptimi) (žr. 13 pav.) (2, p.149):

$$\begin{aligned} x^* &= x + T_x, \\ y^* &= y + T_y, \\ z^* &= z + T_z \end{aligned} \quad (2.16)$$



**13 pav.** Kubo perkėlimas ir jo perkėlimo transformacija (1, p.100)

Iš 13 paveikslo matyti, kad kubas perkeliamas per du vienetus x ir y ašimis (teigiama kryptimi) bei pateikta tokio perkėlimo transformacijos matrica.

Perkėlimo transformacija naudojant homogenines koordinates išreiškiama matricine forma (pagal bendrą matricos formą  $T_x$  pakeičiamas j,  $T_y$  – k, o  $T_z$  – l) (1, p.99; 4, p.66):

$$[x^* \ y^* \ z^* \ 1] = [x \ y \ z \ 1] \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ j & k & l & 1 \end{bmatrix} \quad (2.17)$$

### 2.6.3. Pasukimo transformacija

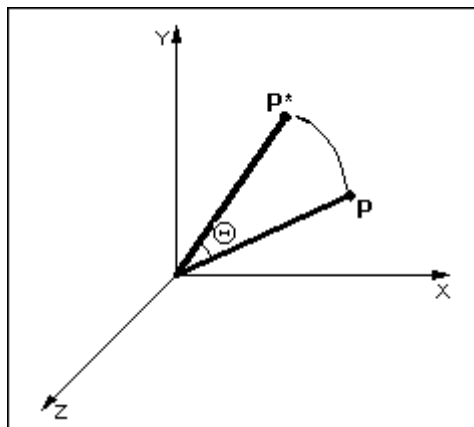
Objektus **pasukti** trimatėje erdvėje yra sudėtingiau negu tą padaryti plokštumoje. Pasukimas apie laisvai pasirinktą ašį skaidomas į pasukimus apie koordinacių ašis (9, p.53). Galimos dvi pasukimo apie kiekvieną ašį kryptys. Pasukimas dešiniojoje koordinacių sistemoje laikomas teigiamu, jei, žiūrint iš teigiamąjo ašies pusašio koordinacių pradžios link, pasukama prieš laikrodžio rodyklę.

Pasukimą plokštumoje apie koordinacių pradžią (2.5) nesudėtinga išplėsti į pasukimą erdvėje apie ašį z. Kadangi pasukant kampu  $\Theta$  apie ašį z taškų koordinatės z nekinta (žr. 14 pav.), tai šio pasukimo matricos trečiasis stulpelis ir trečioji eilutė neturi keisti koordinatės z. Tada teigiamąjo pasukimo apie ašį z matrica homogeninėse koordinatėse (2, p. 151; 4, p.67):

$$[T_R]_z^\Theta = \begin{bmatrix} \cos \Theta & \sin \Theta & 0 & 0 \\ -\sin \Theta & \cos \Theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.18)$$

o iš čia (2, p. 150):

$$\begin{aligned} x^* &= x \cos \theta - y \sin \theta \\ y^* &= x \sin \theta + y \cos \theta \\ z^* &= z \end{aligned} \quad (2.19)$$



14 pav. Pasukimas apie z ašį

Jei taškas pasukamas apie ašį x kampu  $\varphi$ , tai koordinatė x lieka nepakitusi. Pasukimo apie šią ašį matricos pirmasis stulpelis ir pirmoji eilutė neturi keisti koordinatės x. Atitinkama matrica homogeninėse koordinatėse (1, p.102; 4, p.68):

$$[T_R]_x^\varphi = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \varphi & \sin \varphi & 0 \\ 0 & -\sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.20)$$

o iš čia (1, p.102):

$$\begin{aligned} x^* &= x \\ y^* &= y \cos \varphi - z \sin \varphi \\ z^* &= y \sin \varphi + z \cos \varphi \end{aligned} \quad (2.21)$$

Jei taškas pasukamas apie ašį  $y$  kampų  $\phi$ , tai koordinatė  $y$  lieka nepakitusi. Pasukimo apie šią ašį matricos antrasis stulpelis ir antroji eilutė neturi keisti koordinatės  $y$ . Norint išsaugoti teigiamą pasukimo apie ašį  $y$  kryptį, reikia pakeisti pasukimo kampo ženklą. Tada pasukimo apie šią ašį matrica homogeninėse koordinatėse bus (1, p.101; 4, p.67):

$$[T_R]_y^\phi = \begin{bmatrix} \cos \phi & 0 & -\sin \phi & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin \phi & 0 & \cos \phi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.22)$$

o iš čia (1, p.101):

$$\begin{aligned} x^* &= x \cos \phi + z \sin \phi \\ y^* &= y \\ z^* &= -x \sin \phi + z \cos \phi \end{aligned} \quad (2.23)$$

Visos šios matricos atlieka teigiamą pasukimą. Norint gauti priešingą pasukimą reikia pakeisti pasukimo kampo ženklą.

#### 2.6.4. Mastelio pakeitimo transformacija

Mastelio transformacija keičia objektą padidindama arba sumažindami jo matmenis. Lokalinė mastelio transformacija ašių kryptimi atliekama diagonaline matrica. Objekto matmenys ašių  $x$ ,  $y$ ,  $z$  kryptimis priklauso nuo reikšmių  $a$ ,  $e$  ir  $i$  (5, p.174; 4, p.66):

$$[x^* \ y^* \ z^* \ 1] = [x \ y \ z \ 1] \begin{bmatrix} a & 0 & 0 & 0 \\ 0 & e & 0 & 0 \\ 0 & 0 & i & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.24)$$

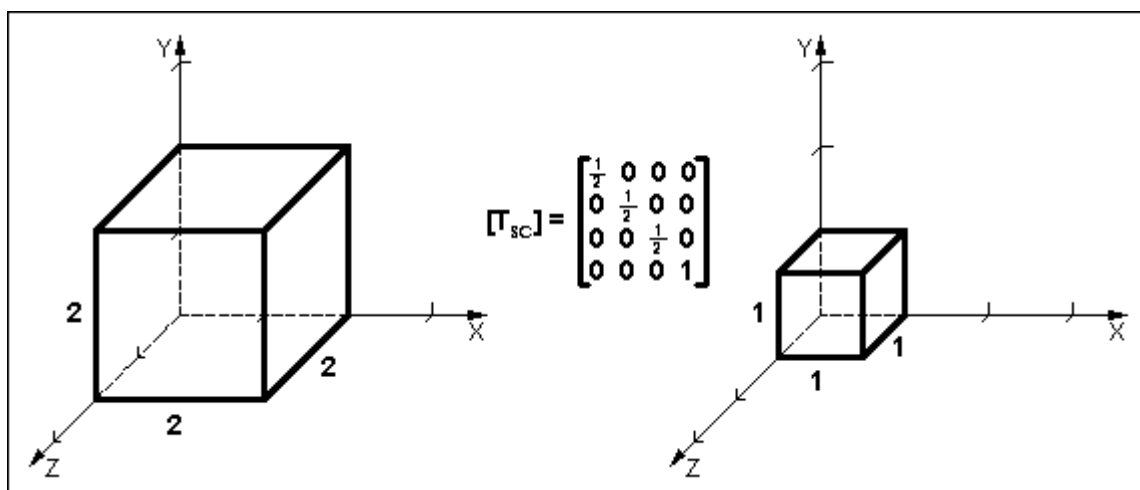
iš čia (6, p.215; 4, p.66):

$$\begin{aligned} x^* &= ax, \\ y^* &= ey, \\ z^* &= iz \end{aligned} \quad (2.25)$$

Šis mastelio pakeitimas dažnai vadinamas mastelio pakeitimu koordinatinių pradžių atžvilgiu. Jei mastelių koeficientai  $a$ ,  $e$  ir  $i$  tarpusavyje nelygūs, objekto proporcijos iškraipomos.

Mastelių galima pakeisti ir kartu išlaikyti objekto proporcijas tada, kai visi mastelių koeficientai tarpusavyje lygūs. Objekto matmenis proporcingai pakeisti galima transformacija (9, p.53; 1, p.97) (žr. 15 pav.):

$$[x^* \ y^* \ z^* \ 1] = [x \ y \ z \ 1] \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & s \end{bmatrix} = [x \ y \ z \ s] \quad (2.26)$$



15 pav. Kubo mastelio pakeitimas (1, p.98)

Naudojantis (2.26) formule, gautos homogeninės taško koordinatės nesunkiai pakeičiamos stačiakampėmis (9, p.53):

$$[x \ y \ z \ s] = \begin{bmatrix} x & y & z & 1 \\ s & s & s & 1 \end{bmatrix} \quad (2.27)$$

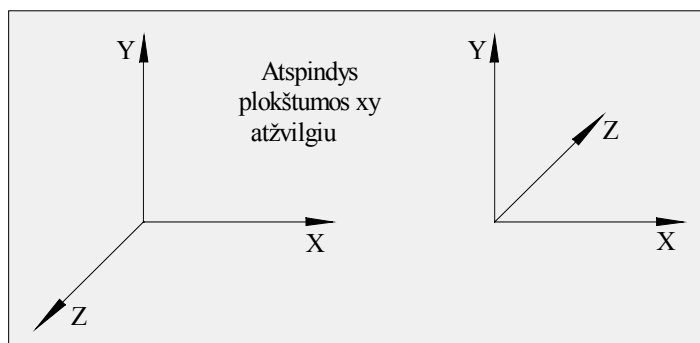
Kai  $s > 1$ , objekto matmenys sumažinami. Objektui padidinti naudojama reikšmė  $s < 1$ .

### 2.6.5. Atspindžio transformacija

Atspindys trimatėje erdvėje gali būti atliktas ašies ar plokštumos atžvilgiu. Atspindys ašies atžvilgiu buvo nagrinėtas plokštumos atspindžio transformacijos aprašyme.

Kai atspindima koordinačių plokštumos (xy, xz ar yz) atžvilgiu, šią transformaciją galima įsivaizduoti kaip perėjimą nuo kairiosios prie dešinėsios koordinačių sistemos. Atspindžio, pertvarkančio koordinačių aprašymą iš dešinėsios sistemos į kairiąją, pavyzdys pateiktas 16 paveiksle. Ši transformacija pakeičia koordinatės z ženklą ir nekeičia koordinačių x ir y ženklų (9, p.54; 1, p.119):

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.28)$$



**16 pav.** Koordinačių pertvarkymas iš dešinėsios į kairiąją sistemą atspindžio transformacija (9, p.55)

Reikšmių  $x$  ir  $y$  inversijai atlikti reikalingos transformacijų matricos gali būti traktuojamos kaip atspindžio plokštumų  $yz$  ir  $xz$  atžvilgiu matricos (9, p.55; 1, p.119):

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{ir} \quad \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.29)$$

Atspindžiai kitokių plokštumų atžvilgiu gali būti gaunami kaip pasukimų ir atspindžių koordinatinių plokštumų atžvilgiu kompozicijos.

### 2.6.6. Šlyties transformacija

Šlyties transformacija keičiama objekto forma. Be to, ši transformacija naudinga trimačio vaizdavimo atveju apibendrintoms projektavimo transformacijoms gauti. Dvimačio vaizdavimo atveju objektų formos deformavimas buvo nagrinėjimas kaip transformacija ašių  $x$  ir  $y$  atžvilgiu. Trimačio vaizdavimo atveju galima realizuoti šlytį dar ir ašies  $z$  kryptimi. Pavyzdžiui, matrica, atliekanti  $x$  ir  $y$  šlytį ašies  $z$  atžvilgiu, yra tokia (9, p.55; 8, p.167) (žr. 17 pav.):

$$[x^* \quad y^* \quad z^* \quad 1] = [x \quad y \quad z \quad 1] \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ S_{zx} & S_{zy} & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.30)$$

Čia  $S_{zx}$  įvykdo  $z$  šlytį išilgai  $x$ , o  $S_{zy}$  – išilgai  $y$  (koordinatė  $z$  lieka nepakeista). Bendrasis šlyties matricos pavidalas yra toks (9, p.55; 1, p.122):

$$[x^* \quad y^* \quad z^* \quad 1] = [x \quad y \quad z \quad 1] \begin{bmatrix} 1 & S_{xy} & S_{xz} & 0 \\ S_{yx} & 1 & S_{yz} & 0 \\ S_{zx} & S_{zy} & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.31)$$

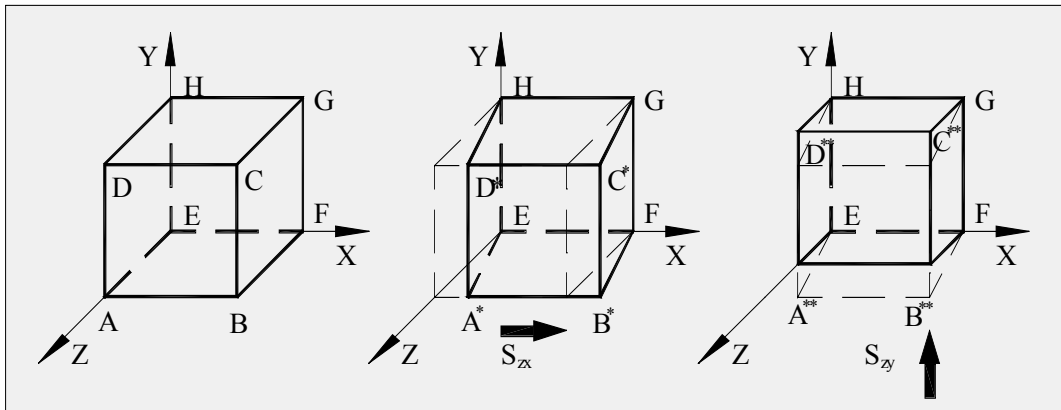
iš čia (1, p.123):

$$x^* = x, \quad y^* = y + y \cdot S_{xy}, \quad z^* = z + z \cdot S_{xz} \quad (\text{šlytis } x \text{ ašies atžvilgiu}) \quad (2.32)$$



$$x^* = x + x \cdot S_{yx}, \quad y^* = y, \quad z^* = z + z \cdot S_{yz} \quad (\text{\u0161lytis y a\u0161ies at\u017evilgiu})$$

$$x^* = x + x \cdot S_{zx}, \quad y^* = y + z \cdot S_{zy}, \quad z^* = z \quad (\text{\u0161lytis z a\u0161ies at\u017evilgiu})$$

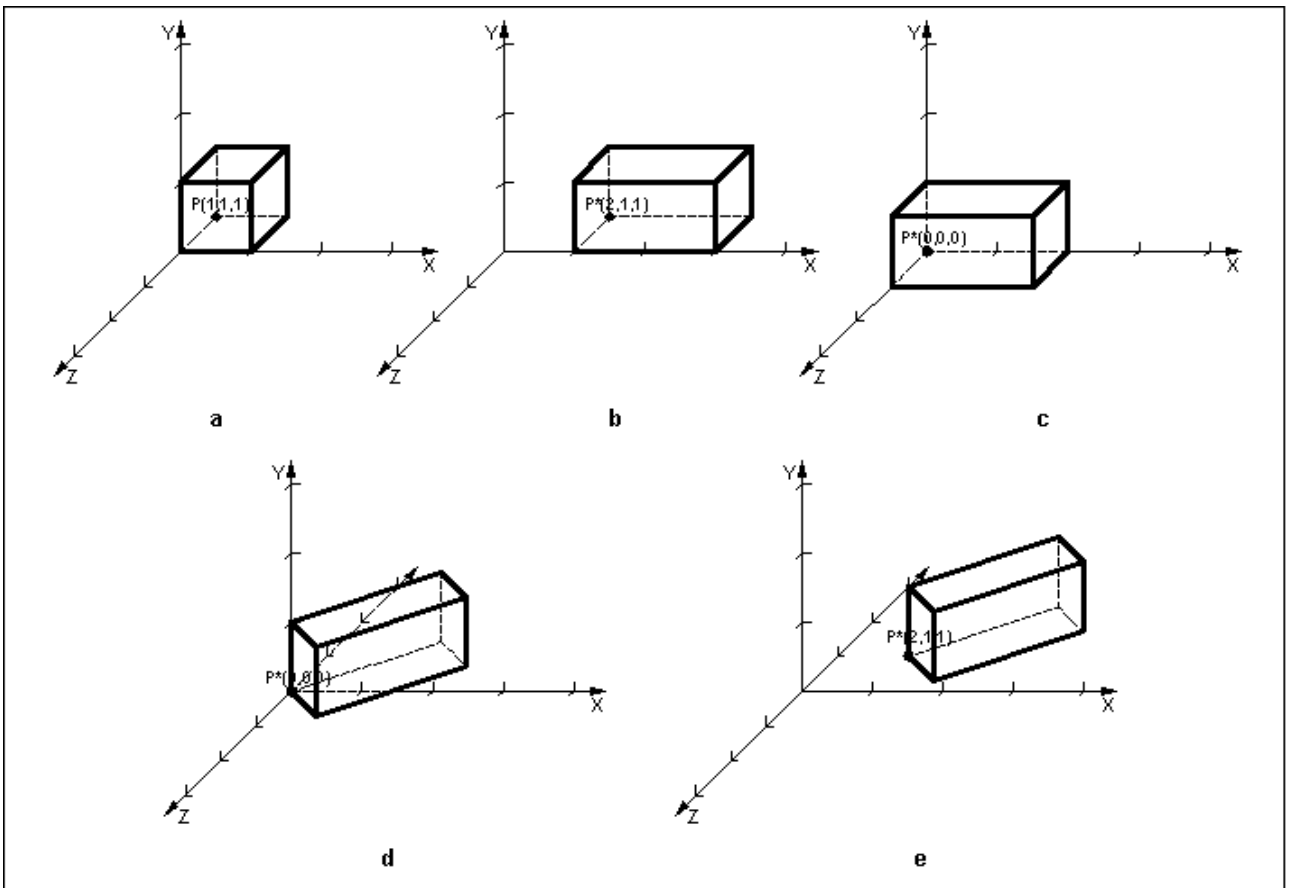


**17 pav.** \u0161lyties z a\u0161ies at\u017evilgiu deformacinis poveikis vienetiniam kubui ( $S_{zx} = 0,5$ ;  $S_{zy} = 0,5$ ) (9, p.55)

### 2.6.7. Transformacij\u0177 kompozicija

Transformacij\u0177 kompozicija trimat\u0117je erdv\u0117je atliekama taip pat kaip ir dvimat\u0117je. \u010c\u0107ia vadovaujamesi tokiomis pa\u0107iomis jau auk\u0161\u0107iau nurodytomis taisykl\u0117mis. Panagrin\u0117siu tikrai vien\u0107 transformacij\u0177 kompozicijos atvej\u0117, kuriame bus naudojamesi antruoju skai\u0107iavimo b\u0177du – sudauginamos pavieni\u0177 transformacij\u0177 matricos ir gaunama transformacij\u0177 kompozicijos matrica (\u0177r. plok\u0161tumos transformacij\u0177 kompozicijos).

Tarkime, kad mes norime pakeisti kubo (\u0177r. 18 pav., a) mastel\u0117 koeficientu 2 x a\u0161ies kryptimi ir pasukti j\u0117  $45^0$  kampu apie y a\u0161\u0117. Tam reik\u0117s atlikti mastelio pakeitim\u0107 x a\u0161ies kryptimi (\u0177r. 18 pav., b), tada ta\u0161k\u0107 P perkelti \u0122 koordina\u0107i\u0177 prad\u0177i\u0107 (\u0177r. 18 pav., c), paskui pasukti fig\u0177r\u0107  $45^0$  kampu apie y a\u0161\u0117 (\u0177r. 18 pav., d) ir gr\u0107zinti ta\u0161k\u0107 P (ten, kur jis buvo po mastelio pakeitimo operacijos) (\u0177r. 18 pav., e):



18 pav. Transformacijų kompozicijos pavyzdys trimatėje erdvėje

$$\begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -2 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos 45^\circ & 0 & -\sin 45^\circ & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin 45^\circ & 0 & \cos 45^\circ & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \approx \begin{bmatrix} 1,4 & 0 & -1,4 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0,7 & 0 & 0,7 & 0 \\ -0,1 & 0 & 1,7 & 1 \end{bmatrix}$$

Dabar belieka patikrinti gautą transformacijų matricą su, tarkime, dviem taškais: P(1,1,1) ir su (2,2,2):

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1,4 & 0 & -1,4 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0,7 & 0 & 0,7 & 0 \\ -0,1 & 0 & 1,7 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & 1 & 0,7 & 1 \\ 4 & 2 & 0,3 & 1 \end{bmatrix}$$

Iš brėžinio sunkiai matyti, bet iš tikrųjų taškų koordinatės yra teisingos.

## 2.7. GEOMETRINIŲ TRANSFORMACIJŲ TESTŲ SUDARYMO IR TESTAVIMO PALAIKYMO UŽDAVINYS

Šiuo metu Praktinės informatikos katedroje dėstomam kompiuterinės grafikos moduliui yra naudojama nedidelė plokštumos geometrinių transformacijų testavimo sistema. Ši programa yra sukurta AutoLisp programavimo kalba.

Ji leidžia studentui atlikti testą, kurio užduotys generuojamos pagal įvestą kompiuterio numerį. Sistema pateikia kiekvienos užduoties atlikimo įvertinimą ir galutinę viso testo atlikimo statistiką.

Vis dėlto ji yra labai ribotų galimybių: veikia tik AutoCAD programoje, neišsaugo studentų įvertinimų, nepatogus atsakymo įvedimas, nėra galimybių greitai sukurti naujas užduotis ar pašalinti nereikalingas (reikalingas perprogramavimas) ir kt. Ši sistema tik iš dalies patenkina dėstytojo poreikius, todėl kilo poreikis sukurti naują kokybiškesnę ir prastesnę testavimo sistemą.

Geometrinių transformacijų testų sudarymo ir testavimo palaikymo uždavinys yra skaidomas į kelias dalis:

- ❖ Testo užduočių sudarymą;
- ❖ Testavimo procesą;
- ❖ Gautų rezultatų peržiūrą.

Pirmiausia turi būti sukuriamos užduotys testams. Užduotys turi būti kuriamos tiek dvimatėms, tiek trimatėms geometriniams transformacijoms. Užduočių kūrimui palengvinti turi būti panaudoti geometrinių transformacijų matricų šablonai (jie buvo pateikti šiame skyriuje), kurie būtų sukuriami iš anksto. Vienai užduočiai numatoma nubraižyti iki 10 figūrų. Turi būti galimybė braižyti bent jau standartines figūras. Figūrų braižymas turėtų būti kiek įmanoma supaprastintas. Jos turėtų būti nubraižomos pele. Pradinė ir transformuota figūros turi būti vaizduojamos skirtingomis spalvomis. Reikia, kad sukurtas užduotis būtų galima taisyti, taip pat pašalinti. Sukurtos užduotys turi būti išsaugomos duomenų bazėje.

Taip pat turi būti galimybė sukurti įvairius testų rinkinius (pagal vieną geometrinių transformacijų tipą, iš visų geometrinių transformacijų tipų), į jas įtraukiant tokias užduotis, kokias norima. Formuojant testų rinkinį tam tikrai užduočiai būtų nurodytas ir jos įvertinimas balais. Rinkinio užduočių skaičius neribojamas.

Testavimo procesas turi būti labai nesudėtingas. Studentas jam pateiktoje užduotyje turi matyti pradinę ir transformuotą figūras, nustatyti, kokia tai geometrinė transformacija, bei apskaičiuoti geometrinės transformacijos matricą. Šią matricą jis ir turi pateikti kaip atsakymą. Po kiekvienos užduoties atlikimo studentas turi pamatyti, ar užduotis buvo atlikta teisingai, ar ne. Atlikęs visas užduotis, jis pamatys galutinį įvertinimą. Studentas baigęs testą turės nurodyti savo vardą, pavardę, akademinę grupę, ir šie duomenys kartu su gautu įvertinimu bei testo laikymo data turi būti nusiunčiami į duomenų bazę. Tuo testavimo procedūra ir baigiama.

Dėstytojas bet kuriuo metu galės peržiūrėti įvertinimų sąrašą. Jis galės atlikti konkretaus studento gauto įvertinimo paiešką, taip pat matyti tam tikros akademinės grupės įvertinimų sąrašą. Galimi ir kiti sąrašo atrankos kriterijai. Gautą sąrašą bus galima atspausdinti.

# 3. SISTEMOS PROJEKTAS

## 3.1. REIKALAVIMŲ PROJEKTUOJAMAI SISTEMAI SPECIFIKACIJA

### 1. ĮVADAS

1.1. **Dokumento tikslas** – suformuluoti reikalavimus plokštumos ir trimatės erdvės geometrinių transformacijų realizacijos programinei įrangai.

1.2. **Dalyvių ir tyrimo srities savybės.** Tiriama sritis – plokštumos ir trimatės erdvės geometrinės transformacijos: perkėlimas, mastelio pakeitimas, pasukimas, šlytis, atspindys bei transformacijų kompozicija. Užduočiai suformuoti testuotojas turi nubraižyti pradinę figūrą bei nurodyti jos transformacijos matricą. Užduočiai atlikti testuojamajam pateikiama pradinė figūra bei jos transformacijos rezultatas. Testuojamajam reikia apskaičiuoti transformacijų matricą, kurios pagalba gaunamas teisingas transformacijos rezultatas.

1.3. **Kuriamo produkto savybės:**

- užtikrinti greitą ir paprastą užduočių parengimą;
- leisti suformuoti norimo sudėtingumo bei tematikos testų rinkinius;
- leisti greitai ir efektyviai testuoti studentus, o jų gautus įvertinimus kaupti duomenų bazėje.
- suteikti galimybę peržiūrėti studentų įvertinimų suvestinę.

1.4. **Kompiuterizuojamos organizacijos apibūdinimas.** Siekiama kompiuterizuoti KTU Informatikos fakulteto (produktas gali būti naudojamas ir kituose fakultetuose) studentų, kuriems dėstomas kompiuterinės grafikos modulis (darbas su AutoCAD programine įranga), atsiskaitymus “Plokštumos ir trimatės erdvės geometrinės transformacijos” tema. Kompiuterinės grafikos modulio tikslai:

- išaiškinti grafikos kompiuterinių technologijų principus;
- suformuoti grafinių sistemų praktinio vartojimo įgūdžius.

“Plokštumos ir trimatės erdvės geometrinės transformacijos” temos pagrindu rengiamų atsiskaitymų tikslas – supratimas, kaip transformuojami vaizdai plokštumoje ir trimatėje erdvėje (žinoti transformacijos matricų paskirtį bei jų naudojimą).

### 2. BENDRIEJI REIKALAVIMAI

2.1. **Produkto apibrėžimas.** Testuotojas galės sukurti norimo sudėtingumo užduotis, kurios bus saugomos duomenų bazėje. Figūros užduotims turi būti braižomos dvimatėje ar trimatėje stačiakampėje koordinačių sistemoje. Užduočių kūrimo palengvinimui dėstytojas turės galimybę sudaryti transformacijų matricų šablonus, kurie leis greičiau ir patogiau įvesti norimas matricas. Iš parengtų užduočių bus galima suformuoti įvairios

apimties testų rinkinius, nurodyti užduoties įvertinimą. Testuotojas bet kada galės peržiūrėti studentų įvertinimus, nufiltruoti juos pagal reikiamą parametą, surikiuoti sąrašą, jį atsispausdinti.

Testuojamasis prieš atlikdamas testą turės nurodyti testo parametrus. Atliekant testą, sistema po kiekvienos užduoties atlikimo įvertins, ar ji buvo atlikta teisingai. Baigę testavimą studentai pamatys bendrą gautą įvertinimą, nurodys reikiamus duomenis bei atsiskaitymų rezultatus persiųs į duomenų bazę.

**2.2. Vartotojų apibūdinimas.** Kuriama sistema naudosis dvi vartotojų grupės: testuotojai (dėstytojai) ir testuojamieji (studentai).

Testuotojas turės administruoti sistemą: parengti užduotis, sudaryti testų rinkinius bei transformacijų matricų šablonus. Taip pat jis galės peržiūrėti studentų rezultatus. Testuotojas turi žinoti programos veikimo principus (būtina informacija turi būti pateikta kaip sistemos vadovas), būti susipažinęs su duomenų bazių pagrindais, mokėti dirbti MS Windows aplinkoje. Jam reikės prižiūrėti, kad duomenų bazė visada būtų prieinama ir pasiekiamą bei nekiltų testavimo procedūros sutrikimų.

Testuojamiesiems pagal pateiktus nurodymus reikės atlikti užduotis – suskaičiuoti ir surašyti transformacijų matricą. Jiems turi būti aišku, kaip dirbti su sistema, kur ir kaip pateikti atsakymą, kiek laiko jie turi. Testuojamiesiems turi pakakti įprastų darbo kompiuteriu (MS Windows aplinkoje) įgūdžių.

**2.3. Vartotojų problemų apibūdinimas.** Sistema padės palengvinti užduočių parengimą. Šiuo metu testavimo užduotys yra ruošiamos su grafinio projektavimo sistema AutoCAD ir AutoLisp programavimo kalba. Užduočių parengimui reikia nemažai programuoti, todėl tai yra gana lėtas ir nepatogus būdas. Taip pat bus galima greitai sudaryti testų rinkinius ir taip išvengti sunkumų ir apribojimų, kurie kyla ruošiant užduotis su AutoLisp. Be to, dėstytojas galės lengvai gauti studentų įvertinimų suvestinę, kurios šiuo metu jis neturi (turi pats prieiti ir peržiūrėti kiekvieno studento įvertinimą, susirašyti jų įvertinimus į savo užrašus).

Testuojamasis šiuo metu gali atlikti testus tik ten, kur yra įdiegta AutoCAD ir turėti failą su užduotimis, kas gana nepatogu. Sistema leis atlikti testus bet kuriame kompiuteryje (su interneto ryšiu) ir nereikės turėti įdiegtos AutoCAD. Pats testavimo procesas, atsakymų pateikimas turėtų būti gerokai patogesni testuojamajam.

**2.4. Vartotojų tikslai ir reikalavimai.** Testuotojui svarbu, kad užduočių parengimas būtų kaip įmanoma paprastesnis. Taip pat aktualu, kad užduotį jos kūrimo metu būtų galima keisti, atstatyti vieną ar kelis žingsnius atgal (norint pataisyti). Turi būti galimybė redaguoti užduotis, šalinti nereikalingas užduotis. Testuotojas turi turėti galimybę

formuoti norimus testų rinkinius, juos redaguoti bei pašalinti. Jis turi gauti studentų įvertinimų sąrašą bei galėti jį nufiltruoti ir surikiuoti norima tvarka, taip pat paruoštą sąrašą atsispausdinti. Duomenų bazė turi būti nesudėtinga bei išbaigta, kad testuotojui nereikėtų jos koreguoti.

Testuojamiesiems svarbu, kad testavimo procedūra būtų patogi ir greita. Jie turės pasirinkti testų rinkinį, nurodyti reikiamus jo parametrus. Turi būti aiškiai matyti, kiek laiko lieka einamuoju momentu testų atlikimui. Užduotys turi būti pateiktos aiškiai, turi būti matoma, kaip ir kur reikia pateikti atsakymą (intuityvi vartotojo sąsaja). Atlikęs užduotį, testuojamasis turi gauti atsakymą apie atlikimo teisingumą. Pabaigus testą, testuojamajam turi būti parodytas galutinis įvertinimas.

- 2.5. **Bendri apribojimai.** Produktas turi veikti stabiliai ir greitai. Turi būti užtikrintas greitas duomenų apsikeitimas tarp duomenų bazės ir testuojamojo (bei testuotojo) kompiuterio. Programa turi būti pritaikyta dirbti Microsoft Windows aplinkoje (98, ME, 2000, XP). Taip pat reikia užtikrinti reikiamą saugumo lygį: dėstytojas turi turėti priėjimą prie administracinės programos dalies (su vartotojo vardu ir slaptažodžiu), tai pat ir testavimo modulio, o testuojamieji – tik prie testavimo modulio. Sistema turi būti kaip įmanoma apsaugota nuo saugumo pažeidimų. Pagrindinė informacija kaupiama duomenų bazėje, kuri patalpinta taikomųjų programų serveryje.

### 3. FUNKCINIAI REIKALAVIMAI

Sistemos atliekamus uždavinius galima išskaidyti į 3 dalis: užduočių sudarymą ir tvarkymą, testavimą bei reikiamų rezultatų išgavimą (iš duomenų bazės).

**3.1. Užduočių sudarymas ir tvarkymas.** Reikalavimo apibrėžimas – užtikrinti paprastą bei efektyvų užduočių sudarymą bei užduočių tvarkymo procesą.

3.1.1. *Reikalavimo aprašymas.* Užduočių sudarymas turi būti kiek galima supaprastintas. Dėstytojas turi pasirinkti, kokia transformacijų matrica bus naudojama bei nubraižyti norimą figūrą, o esant reikalui – iš karto ją pataisyti, pakeisti. Turi būti numatyta galimybė nubraižyti keletą figūrų. Figūros braižomos dvimatėje arba trimatėje stačiakampėje koordinačių sistemoje. Galutinė figūra turi būti parodoma, nurodžius transformacijų matricą. Visa reikiama informacija apie parengtą užduotį turi būti išsaugota duomenų bazėje. Testuotojas galės peržiūrėti parengtų užduočių sąrašą, taip pat jas redaguoti bei nereikalingas užduotis pašalinti.

Jis turi turėti galimybę sukurti naują transformacijų tipą bei transformacijų matricos šabloną, redaguoti jau esančius šablonus ar juos pašalinti. Pašalinus transformacijų tipą, visos šio tipo užduotys turi būti pašalinamos.

Testuotojas turės galimybę formuoti testų rinkinius, nurodyti atskirų užduočių svorį. Rinkinio užduočių skaičius neribojamas. Rinkinius bus galima redaguoti bei pašalinti.

- 3.1.2. *Reikalavimo įtaka visai sistemai.* Šis reikalavimas yra pagrindinis ir turės įtaką korektiškam testavimo procesui užtikrinti. Todėl reikalavimas turi būti išpildytas tiksliai.
- 3.1.3. *Techniniai klausimai.* Serveryje patalpintos duomenų bazės struktūra ir jos valdymas turi būti labai nesudėtingas. Turi būti užtikrinta pakankama tinklo sparta darbui su duomenų baze. Kompiuterių techniniai duomenys turi užtikrinti greitą ir stabilų darbą.
- 3.1.4. *Darbo grafikas.* Šis uždavinys turi būti realizuotas pirmiausiai. Uždavinio pradinę realizaciją numatoma atlikti iki 2004 m. rugsėjo 1 d.
- 3.1.5. *Rizika:* dėl nestabilaus tinklo darbo duomenys gali būti neperduoti į serverį. Turi būti minimizuota rizika dėl neteisingo duomenų perdavimo į užduočių duomenų bazę (neteisingos koordinatės, neteisingas duomenų bazės įrašo formavimas), kas gali lemti, jog studentui bus pateikta nekorektiška užduotis.

**3.2. Testavimas.** Reikalavimo apibrėžimas – testuojamieji turi atlikti testo užduotis, gauti įvertinimą bei tą įvertinimą nusiųsti į duomenų bazę.

- 3.2.1. *Reikalavimo aprašymas.* Testuojamasis turi pasirinkti reikiamą testų rinkinį, nurodyti, ar testų rinkinys formuojamas atsitiktiniu užduočių išrinkimo būdu, ar bus naudojamas konkretus suformuotas testų rinkinys. Testavimo metu studentas testuojamasis užduotį (pradinę figūrą bei reikiamą gauti figūrą) ir turi apskaičiuoti bei nurodyti transformacijų matricą, kurios pagalba pradinė figūra bus transformuota į galutinę. Pateiktas atsakymas lyginamas su atsakymu, kuris saugomas užduoties duomenų bazės įrašė. Jei atsakymai sutampa (nustatyto tikslumo ribose), tuomet laikoma, kad užduotis atlikta teisingai, jei ne – neteisingai. Nurodęs atsakymą, testuojamasis turi gauti užduoties atlikimo įvertinimą. Pabaigęs visas užduotis (per tam skirtą laiko intervalą), testuojamasis gauna galutinį įvertinimą. Testuojamasis turi nurodyti tam tikrus duomenis (akademinę grupę, vardą, pavardę) bei nusiųsti savo rezultatus į duomenų bazę.
- 3.2.2. *Reikalavimo įtaka visai sistemai.* Kitoms sistemos dalims šis reikalavimas įtakos neturi.
- 3.2.3. *Techniniai klausimai.* Turi būti užtikrinta pakankama tinklo sparta duomenų apsikeitimui su duomenų baze. Kompiuterių techniniai duomenys turi užtikrinti greitą ir stabilų darbą.
- 3.2.4. *Darbo grafikas.* Šis uždavinys turi būti realizuotas atlikus pirmąjį uždavinį (Užduočių sudarymas ir tvarkymas). Uždavinio pradinę realizaciją numatoma atlikti iki 2004 m. lapkričio 1 d.
- 3.2.5. *Rizika:* dėl tinklo nestabilaus darbo gali būti nepaimti (paimti ne visi) duomenys iš duomenų bazės serverio. Jei užduotis parengta nekorektiškai, studentas gali matyti iškreiptą (ne tokią, kaip nurodyta pradinė) figūrą ir pateikti neteisingą atsakymą.

**3.3. Rezultatų išgavimas.** Reikalavimo apibrėžimas – testuotojas turi gauti studentų atliktų testų įvertinimų suvestinę bei ją tvarkyti.

3.3.1. *Reikalavimo aprašymas.* Testuotojas bet kada gali gauti studentų įvertinimų suvestinę. Jis sąraše turi matyti studento akademinę grupę, pavardę, vardą, įvertinimą bei testo laikymo datą. Sąrašą galima surikiuoti, taip pat nufiltruoti pagal studento pavardę, testų laikymo datą bei akademinę grupę. Numatoma galimybė ištrinti nurodyto studento įrašą bei visos akademinės grupės įrašus. Sąrašą testuotojas galės atspausdinti.

3.3.2. *Reikalavimo įtaka visai sistemai.* Kitoms sistemos dalims šis reikalavimas įtakos neturi.

3.3.3. *Techniniai klausimai.* Turi būti užtikrinta pakankama tinklo sparta duomenų apsikeitimui su duomenų baze. Kompiuterių techniniai duomenys turi užtikrinti greitą ir stabilų darbą. Reikalingas spausdintuvas įvertinimų sąrašui atspausdinti.

3.3.4. *Darbo grafikas.* Šis uždavinys turi būti realizuojamas kartu su antruoju uždaviniu (Testavimas). Uždavinio pradinę realizaciją numatoma atlikti iki 2004 m. lapkričio 1 d.

3.3.5. *Rizika:* dėl tinklo nestabilaus darbo gali būti nepaimti (paimti ne visi) duomenys iš duomenų bazės serverio.

## **4. REIKALAVIMAI SĄSAJAI**

### **4.1. Vartotojo sąsajos:**

4.1.1. *GUI (grafinė vartotojo sąsaja).* Administraciniame modulyje vartotojo sąsaja bus realizuota meniu (pagrindinio ar kontekstinio) bei komandinių mygtukų pagalba. Vartotojas formose matys pagrindinius mygtukus, kurie leis atlikti svarbiausias operacijas, patvirtinti savo veiksmus. Meniu bus galima pasirinkti visas svarbiausias pagrindines operacijas darbui su užduotimis, transformacijų tipais, testų rinkiniais bei studentų sąrašu. Gali būti pasitelkta nemažai formų langų, kurie išves papildomą (paaiškinamąją, perspėjamąją ar kt.) informaciją. Formos ir langai turi būti informatyvios, jų valdymas - intuityvus. Formose vartotojo patogumui bus naudojami išskleidžiamieji sąrašai, įvedimo laukai, parametrų jungikliai bei kiti elementai.

Testavimo modulyje grafinė sąsaja bus realizuota langų bei komandinių mygtukų pagalba (atsakymo patvirtinimui, perėjimui prie kitos užduoties ir kt.). Papildomi formų langai išves paaiškinimus apie testavimo procedūros eigą, kokius veiksmus reikia atlikti ir pan. Formose vartotojo patogumui naudojami išskleidžiamieji sąrašai, įvedimo laukai, parametrų jungikliai bei kiti elementai.

4.1.2. *CLI (komandinės eilutės sąsaja).* Komandinės eilutės sąsajos naudojimas nenumatytas.



4.1.3. *API (taikomųjų programų sąsaja)*. Su kitomis taikomosiomis programomis sąsaja kol kas nenumatyta.

4.1.4. *Diagnostika*. Aptikus klaidą sistemoje ar atlikus klaidingą veiksmą, stabdomi atliekami veiksmai ir išvedamas pranešimas apie klaidą. Klaidos paaiškinimas turi būti suprantamas, kad vartotojas žinotų, kas sukėlė klaidą ir kaip ją ištaisyti. Klaidos neturi kritiškai sutrikdyti programos darbo.

4.2. **Techninės įrangos sąsajos**: programos administracinis modulis susietas su spausdintuvu (studentų rezultatų sąrašo spausdinimui).

4.3. **Komunikacinės sąsajos**: reikalingas vietinis tinklas bei stabilus ryšys su duomenų bazės serveriu. Tą turi užtikrinti jau egzistuojanti universiteto tinklo konfigūracija.

4.4. **Programinės įrangos sąsajos**: programa turi būti suderinta ir stabiliai veikti Windows 98/Me/NT/2000/XP aplinkose.

## **5. SISTEMOS DARBO REIKALAVIMAI (REIKALAVIMAI DARBO GREIČIUI IR ATMINČIAI)**

Sklandžiam sistemos veikimui rekomenduotina ne mažesnė nei 96 MB operatyvioji atmintis (RAM) bei bent 500 MHz taktinis procesoriaus dažnis.

## **6. PROJEKTO APRIBOJIMAI**

6.1. **Standartai**: tinklo protokolas TCP/IP; darbas Windows 98/Me/NT/2000/XP aplinkoje; MySQL duomenų bazė duomenims saugoti; MySQL ODBC tvarkyklė.

6.2. **Apribojimai techninei įrangai**: kompiuteriai pilnai sukomplektuoti (min. 96 MB RAM, 500 Mhz, 10.0 Gb HDD, tinklo plokštės, 15" monitoriai). Naudojamas jau veikiantis duomenų bazės serveris, kuriame turi būti pakankamai vietos duomenų bazei saugoti.

6.3. **Kiti apribojimai**: administracinis bei pagrindinis testavimo moduliai turi būti atskirti. Duomenų bazė saugoma taikomųjų programų serveryje.

## **7. KITI NEFUNKCINIAI SISTEMOS ATRIBUTAI**

7.1. **Saugumas** - būtina serverių apsauga nuo išorinių įsilaužėlių (numatoma naudotis jau esamomis duomenų bazės saugumo priemonėmis). Testuotojas naudoja administracinį modulį ir prie sistemos jungiasi naudodamas prisijungimo vardą ir slaptažodį (turi pilną priejimą prie duomenų bazės). Testuojamieji naudoja tik testavimo modulį ir negali keisti duomenų bazėje esančių duomenų. Šis modulis prisijungia prie duomenų bazės serverio tik pasiimdamas užduotis bei nusiųsdamas įvertinimą. Visų studentų prisijungimo prie sistemos teisės yra vienodos (prisijungimo vardai ir slaptažodžiai nebus naudojami).

7.2. **Patikimumas** – turi būti sukurtos atsarginės duomenų bazės kopijos, jeigu pagrindinė duomenų bazė būtų pažeista (sugadinta).

7.3. **Reikalavimai IS palaikymui** – iškilus neaiškumams pageidautina konsultuotis su šios sistemos kūrėju.

7.4. **IS išplėtimo reikalavimai** – kol kas nenumatyti.

7.5. **Pakartotino panaudojimo reikalavimai** – be papildomų pakeitimų programa gali būti naudojama tik testuoti studentų žinioms apie plokštumos ir trimatės erdvės geometrines transformacijas. Programa turi veikti bet kuriame kompiuteryje su interneto ryšiu. Turi būti nurodytas teisingas kelias iki duomenų bazės ir prisijungimas prie jos.

7.6. **Taikomųjų programų suderinamumas** – suderinta su Microsoft Windows 98/Me/NT/2000/XP operacinėmis sistemomis.

7.7. **Reikalavimai servisui** – tikslinga būtų kas tam tikrą laiko tarpą atlikti sistemos saugumo ir stabilumo patikrinimus.

7.8. **Reikalavimai dokumentacijai** – turi būti paruošta visa reikalinga dokumentacija (vartotojo vadovas, funkcinis aprašymas, instaliavimo dokumentas, administratoriaus vadovas). Dokumentai turi būti aiškūs, lengvai suprantami ir išsamūs.

## 8. PRELIMINARUS DARBŲ GRAFIKAS

Pageidaujama, kad kuriama sistema būtų pilnai įdiegta iki 2005 m. sausio 1 d. Sistemos bandomoji versija (pilnai funkcionali) turėtų būti paruošta iki 2004 m. lapkričio 1 d.

### 3.2. PANAUDOJIMŲ ATVEJŲ MODELIAI IR FUNKCIJŲ DIAGRAMOS

Panaudojimo atvejų modeliais (angl. *Use Case*) siekiama pavaizduoti veiklos dalyviui aktualius procesus. Sistemoje galima išskirti tik dviejų tipų veikėjus (žr. 1 lentelę), kurie inicijuoja atskirus veiklos procesus arba juose dalyvauja.

**Sistemos veikėjai**

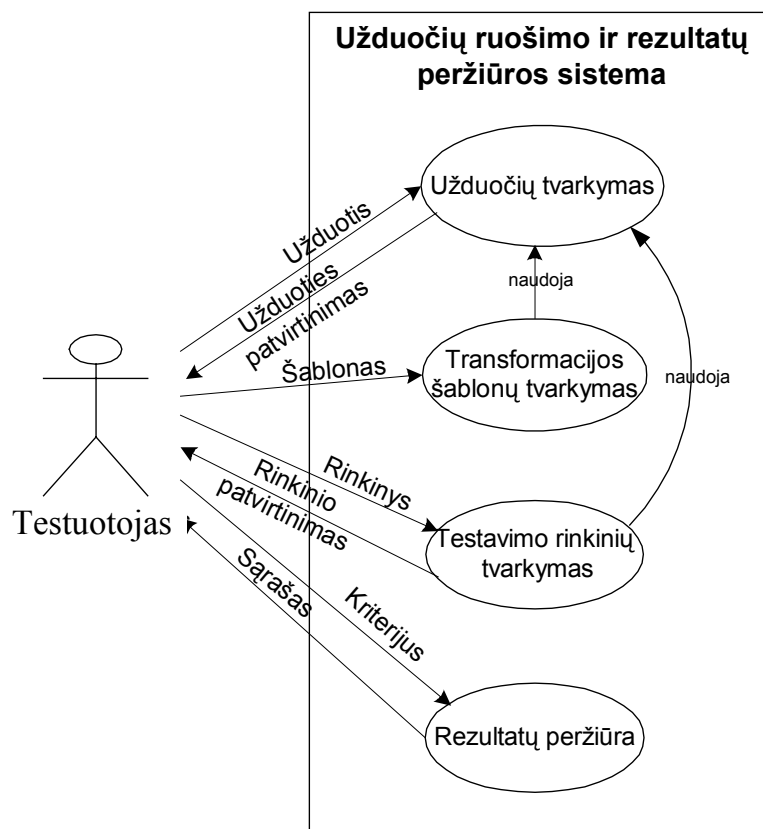
*1 lentelė*

Testuotojas	Tvarko ir prižiūri administracinę sistemos modulį (testų užduotys, rinkiniai, rezultatai).
Testuojamasis	Atlieka testines užduotis, nusiunčia gautą rezultatą.

Buvo panaudotas taikomųjų uždavinių modelis, kuris ne tik pavaizduoja ir aprašo vartotojo bei kompiuterizuojamų veiklos procesų (veiklos uždavinių) informacijos mainus, bet ir kompiuterizuojamus taikomuosius uždavinius. Tai pakankamai tiksliai vartotojo reikalavimų pageidaujamai informacijos sistemai specifikacija.

Kiekvienam veikėjų tipui paruošti atskiri panaudojimo atvejų modeliai, kadangi šie veikėjai dalyvauja skirtinguose veiksmuose.

Testuotojo panaudojimo atvejų modelis pavaizduotas 19 paveiksle.



19 pav. Veikėjo “Testuotojas” panaudojimo atvejų modelis

Išskirtos 4 pagrindinės veiksmų grupės, kurias atlieka administratorius:

- ❖ Užduočių tvarkymas;
- ❖ Transformacijos šablonų tvarkymas;
- ❖ Testavimo rinkinių tvarkymas;
- ❖ Rezultatų peržiūra.

Duomenų srautai aprašyti 2 lentelėje.

#### Duomenų srautų aprašymas

2 lentelė

Duomenų srautas	Aprašymas
Užduotis	Testuotojas sudaro užduotį, nuroydamas tokius parametrus: transformacijos tipą, pradinę figūrą (taškais), transformacijų matricą (pagal šabloną, kuris sukuriamas “Transformacijos šablonų tvarkymas” veiksmu), kuri suformuoja galutinę figūrą.
Užduoties patvirtinimas	Testuotojas gauna pranešimą apie tai, kad užduotis teisingai suformuota ir įrašyta arba neįrašyta, atsiradus klaidai (įrašo formavime, įrašymo metu).
Šablonas	Suvedamas transformacijos matricos šablonas, palengvinantis užduočių kūrimą. Nurodomi tokie parametrai: matricos pavadinimas, stulpelių skaičius, eilučių skaičius, matricos elementai.
Rinkinys	Testuotojas suformuoja testų rinkinį ir nurodo: rinkinio pavadinimą, tipą, rinkinį sudarančias užduotis ir jų įvertinimus.
Rinkinio patvirtinimas	Testuotojas gauna pranešimą apie tai, kad testų rinkinys suformuotas ir įrašytas arba neįrašytas, atsiradus klaidai (įrašo formavime, įrašymo

	metu).
Kriterijus	Nurodomas įvertinimų sąrašo peržiūros kriterijus: atrenkami įrašai pagal nurodomą pavardę, datą arba akademinę grupę. Pasirenkamas vienas iš trijų kriterijų arba nė vienas (rodomas pilnas sąrašas).
Sąrašas	Pateikiamas studentų įvertinimų sąrašas pagal nurodytą kriterijų (jei nurodytas). Sąrašo sudėtis: akademinė grupė, pavardė, vardas, įvertinimas (balais), data (testo atlikimo).

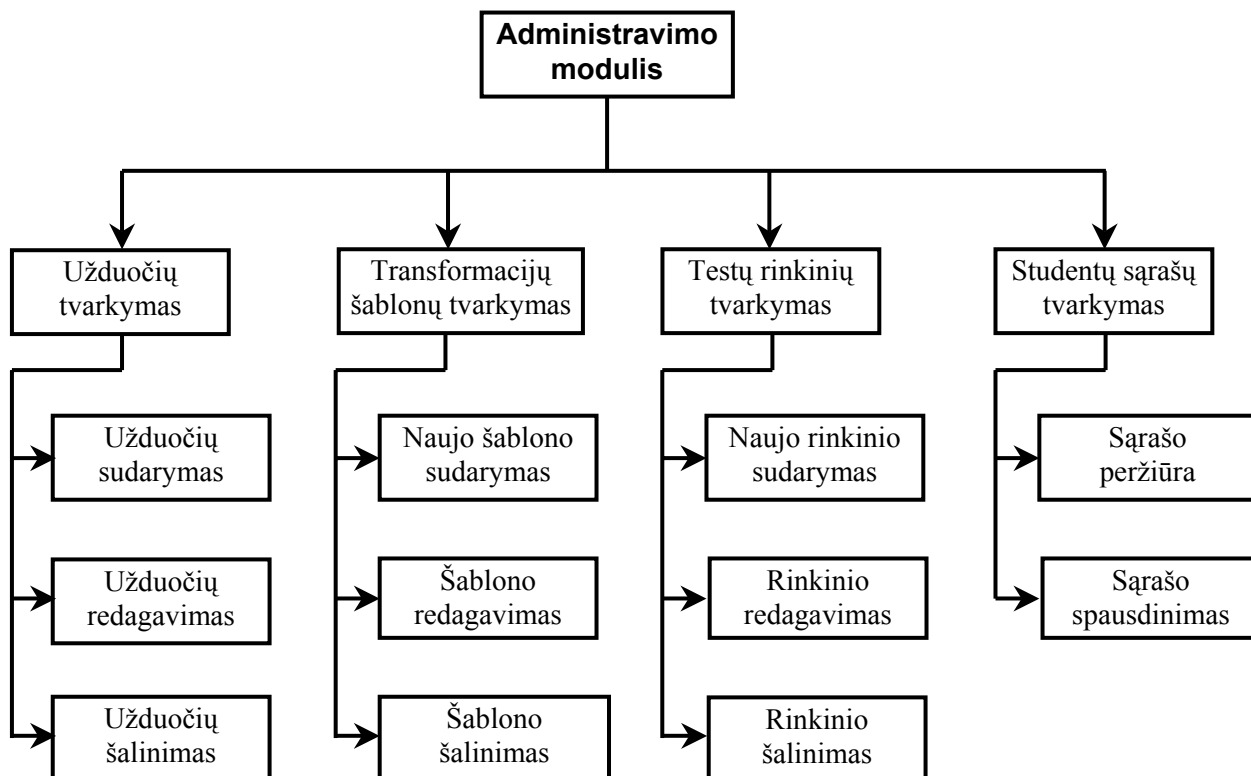
Detaliai apibrėžti taikomieji uždaviniai aprašyti 3 lentelėje.

### Taikomųjų uždavinių aprašymas

3 lentelė

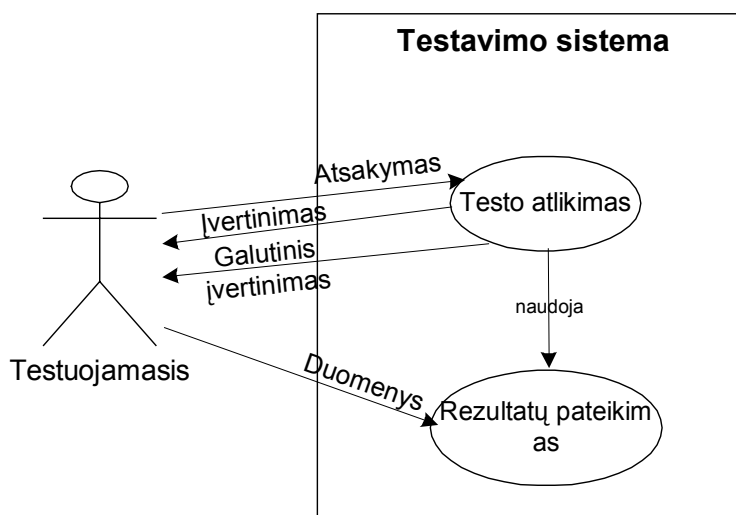
Uždavinys	Aprašymas
Užduočių tvarkymas	Užduočių paruošimas ir jų redagavimas yra vienas svarbiausių sistemos uždavinių. Užduoties kūrimui administratorius naudoja transformacijų šablonus, kurie pasirenkami nurodžius norimą transformacijos tipą. Braižymo įrankių pagalba nubraižoma pradinė figūra, kurią reikės transformuoti. Tada naudojant transformacijų matricos šabloną nurodoma reikiama transformacija ir ekrane matomas galutinis rezultatas. Jei rezultatas netenkina, dėstytojas gali nurodyti transformacijų matricą iš naujo. Gavus norimą rezultatą, užduotis išsaugoma duomenų bazėje. Paruoštas užduotis galima bus koreguoti, nereikalingas pašalinti.
Transformacijos šablonų tvarkymas	Testuotojas sudarys transformacijų šabloną, kuris padės greičiau sukurti užduotis. Šablonams nurodomi pavadinimai, transformacijos matricos šablono dydis (eilučių ir stulpelių skaičius) bei matricos elementai. Fiksuoti matricos elementai nurodomi skaičiais, o kintamo elemento vietoje – “x” simbolis. Transformacijų matricos šablonas išsaugomas duomenų bazėje. Parengtus šablonus galima bus koreguoti, nereikalingus pašalinti.
Testavimo rinkinių tvarkymas	Sudaryti testavimo rinkiniai bus naudojami testavimui. Testuotojas gali pasirinkti norimas užduotis (pagal transformacijos tipą) ir jas įtraukti į rinkinį. Gali būti sukurtas mišrus (panaudojamos įvairių transformacijų rūšių užduotys) ar vieno tipo transformacijų testų rinkinys. Rinkinio formavimo metu jis bet kada gali peržiūrėti visą rinkinį. Rinkinio dydis nėra fiksuotas ar ribojamas. Parengtas testų rinkinys išsaugomas duomenų bazėje. Parengtus rinkinius galima bus koreguoti, nereikalingus pašalinti.
Rezultatų peržiūra	Testuotojas bet kuriuo metu gali peržiūrėti studentų įvertinimų sąrašą. Numatoma galimybė sąrašą surikiuoti, taip pat nufiltruoti (atrinkti) pagal vieną iš trijų parametrų: pavardę, datą bei akademinę grupę. Testuotojas gali atspausdinti reikiamą sąrašą.

Aptartus taikomuosius uždavinius galima detalizuoti informatyvia ir vaizdžia funkcijų diagrama:



20 pav. Administravimo modulio funkcijų hierarchinė diagrama

Testuojamojo panaudojimo atvejų modelis pavaizduotas 21 paveiksle.



21 pav. Veikėjo “Testuojamasis” panaudojimo atvejų modelis

Išskirtos 2 pagrindinės veiksmų grupės, kurias atlieka testuojamasis:

- ❖ Testo atlikimas;
- ❖ Rezultatų pateikimas.

Duomenų srautai aprašyti 4 lentelėje.

## Duomenų srautų aprašymas

4 lentelė

Duomenų srautas	Aprašymas
Atsakymas	Testuojamasis pateikia užduoties atsakymą. Atsakymo forma – suskaičiuoti transformacijų matricos elementai, kurie surašomi į transformacijų matricą.
Įvertinimas	Testuojamasis atlikęs vieną užduotį gauna pranešimą apie tai, ar užduotis atlikta teisingai, ar neteisingai.
Galutinis įvertinimas	Atlikus visą testą, programa pateikia galutinį surinktą įvertinimą (balais).
Duomenys	Testuojamasis nurodo tokius duomenis: akademinę grupę, pavardę, vardą. Šie duomenis kartu su galutiniu įvertinimu (gautu “Testo atlikimas” veiksmu) ir testo atlikimo data bus nusiųsti į duomenų bazę.

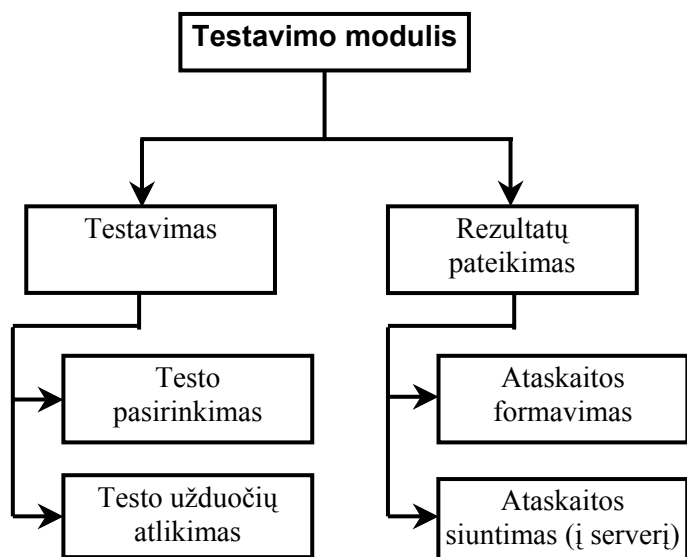
Detaliai apibrėžti taikomieji uždaviniai aprašyti 5 lentelėje.

## Taikomųjų uždavinių aprašymas

5 lentelė

Uždavinys	Aprašymas
Testo atlikimas	Prieš pradėdamas atlikti testą testuojamasis nurodys, kokį testą reikia atlikti (pagal transformacijų tipą) bei reikiamus testo parametrus (ar konkretus testų rinkinys, ar sistemos sudarytas iš atsitiktinai parinktų užduočių). Testo atlikimui bus skirtas tam tikras laiko tarpas. Testo atlikimo metu testuojamasis matys pradinę figūrą (prieš transformaciją) ir galinę figūrą (atlikus transformaciją). Jam reikės apskaičiuoti ir įvesti transformacijų matricą. Ji bus sulyginama su matrica, saugoma duomenų bazėje. Jei rezultatas, įvertinus leistiną paklaidą, teisingas, tuomet užduotis laikoma atlikta teisingai, priešingu atveju – užduotis laikoma atlikta neteisingai. Atlikus visas užduotis bus pateiktas surinktas galutinis įvertinimas.
Rezultatų pateikimas	Pabaigęs testą, testuojamasis turės nusiųsti rezultatus į duomenų bazę. Prieš tai jam reikės nurodyti duomenis apie save: vardą, pavardę, akademinę grupę. Nusiųntus šiuos duomenis kartu su galutiniu įvertinimu bei atlikimo data, testavimo procedūra baigiama.

Aptartus taikomuosius uždavinius galima detalizuoti šia funkcijų diagrama:



22 pav. Testavimo modulis funkcijų hierarchinė diagrama

### 3.3. REALIZACIJAI NAUDOJAMOS PROGRAMINĖS PRIEMONĖS

Kuriant plokštumos ir trimatės erdvės geometrinių transformacijų mokomąją realizaciją, buvo naudojamos šios programinės priemonės:

- ❖ Programavimo kalba Delphi bei ADO technologija;
- ❖ MySQL duomenų bazė.

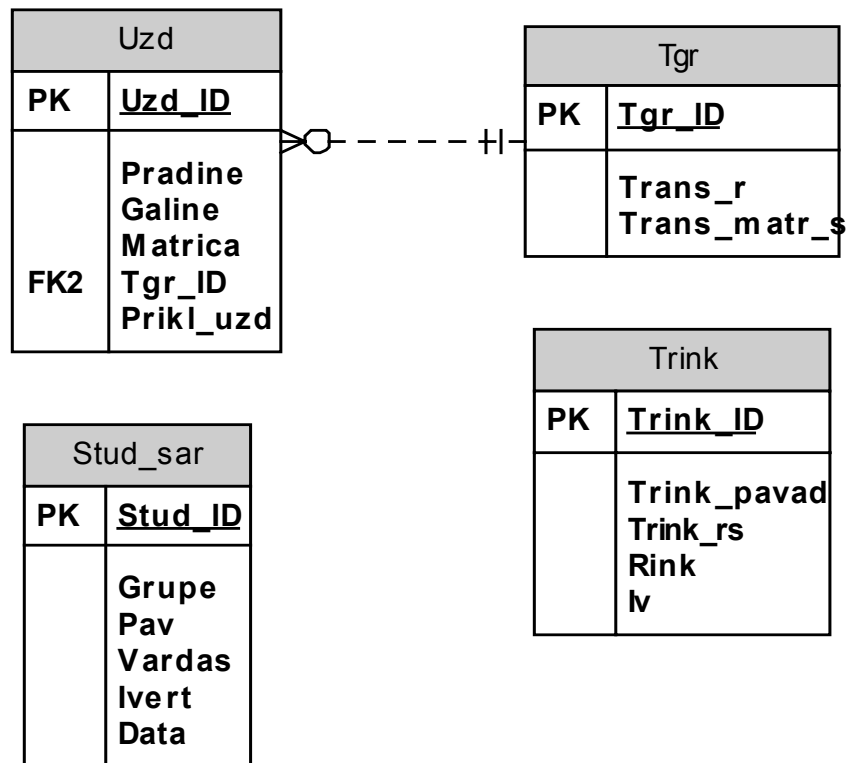
Šios programinės priemonės buvo pasirinktos neatsitiktinai. Delphi programavimo kalbos (Borland Delphi 7 versija) vienas svarbiausių pasirinkimo motyvų buvo tai, kad ją pakankamai gerai moku. Tai yra objektinė programavimo kalba, todėl galima išnaudoti visus objektinės programavimo kalbos privalumus. Be to, ji pritaikyta greitam programų kūrimui (angl. *RAD – rapid application development*). Yra daug iš anksto paruoštų vaizdinių komponentų, kuriuos nutempus ant formos automatiškai generuojamas atitinkamas kodas (19). Ši Delphi galimybė labai paspartina programos kūrimą. Delphi turi iš tikrųjų daug galimybių, kurios leidžia kurti duomenų bazines, serverines bei tinklines programas ir t.t. Tiesa, yra platforminiai apribojimai, kurie leidžia kurti tik Microsoft Windows aplinkai skirtas programas.

Darbai su duomenų baze buvo naudojama ADO (angl. *ActiveX Data Objects*) technologija. Ši technologija yra ir naujausia, ir turinti daugiausia galimybių darbui su duomenų bazėmis (lyginant su kitomis technologijomis: DAO, RDO ir kt.) (20). Šios technologijos pagrindas – ActiveX duomenų objektai, kuriuos galima naudoti Microsoft operacinės sistemos programiniuose paketuose.

MySQL buvo pasirinkta todėl, kad tai yra greita duomenų bazių sistema, kurią lengva įdiegti bei administruoti (17). Kadangi duomenų bazės apimtis neturėtų būti ypatingai didelė, todėl čia nereikėjo galingų duomenų bazių sistemų (kaip, pavyzdžiui, Oracle, Sybase). Taip pat nereikia pamiršti, kad MySQL duomenų bazių valdymo sistema yra nemokama, kas yra išties nemažas privalumas. Kadangi MySQL yra atviro kodo programa, todėl ji yra nuolat tobulinama ir plačiai naudojama, kas žymiai padidino jos patikimumą ir našumą. Šią lengvai naudojamą duomenų bazių valdymo sistemą galima naudoti ir skirtingose operacinėse sistemose (ne tik Microsoft Windows, bet ir Linux, Unix ar Mac OS) (18).

### 3.4. DUOMENŲ BAZĖS STRUKTŪRA

Duomenų bazės struktūra pateikta 23 paveiksle:



23 pav. Duomenų bazės struktūra

**Tgr** – geometrinių transformacijų ir jų matricų šablonų lentelė. Ji turi 3 laukus:

- Tgr\_ID – geometrines transformacijos identifikatorius
- Trans\_r – geometrines transformacijos pavadinimas
- Trans\_matr\_s – geometrines transformacijos matricos šablonas

**Trink** – testų rinkinių lentelė. Ji turi 5 laukus:

- Trink\_ID – testų rinkinio identifikatorius
- Trink\_pavad – testų rinkinio pavadinimas
- Trink\_rs – testų rinkinio rūšis (tipas)
- Rink – testų rinkinį sudarančios užduotys
- Iv – testų rinkinį sudarančių užduočių įvertinimai

**Stud\_sar** – lentelė, kurioje bus saugomi studentų atsiskaitymų rezultatai. Ji turi 6 laukus:

- Stud\_ID – studento identifikatorius
- Grupe – grupė
- Pav – studento pavardė
- Vardas – studento vardas
- Ivert – studento gautas įvertinimas balais
- Data – atsiskaitymo data

**Uzd** – lentelė, kurioje saugomos užduotys. Ji turi 6 laukus:

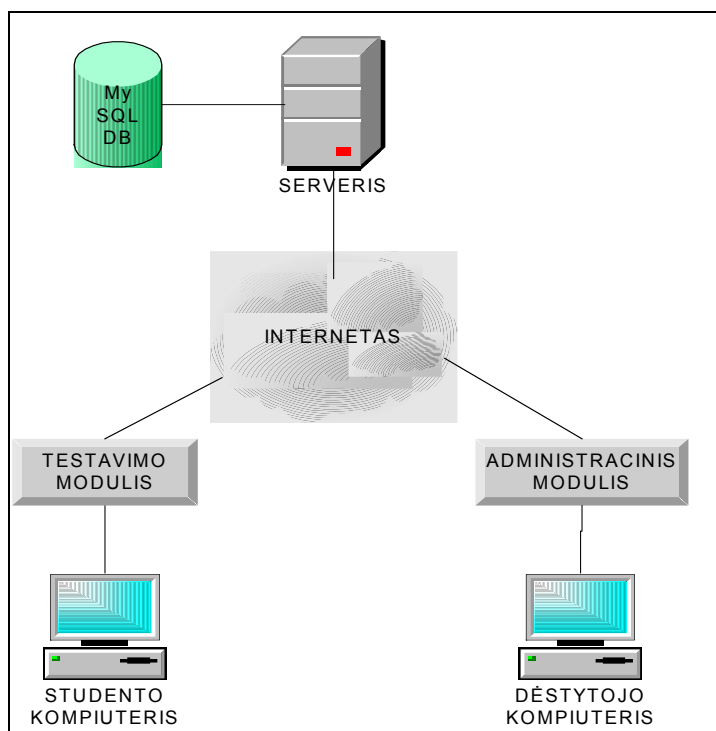
- Uzd\_ID – užduoties identifikatorius



- Pradine – pradinės figūros koordinatinės (ir papildoma informacija)
- Galine – galinės figūros koordinatinės
- Matrica – geometrinės transformacijos matrica
- Tgr\_ID – testų grupės identifikatorius (kokiai testų grupei užduotis priklauso)
- Prikl\_uzd – nuoroda, kokiai užduočiai priklauso figūra

### 3.5. SISTEMOS BENDRASIS MODELIS

Pagal parengtus reikalavimus ir pageidavimus, buvo sudarytas realizuojamos sistemos bendrasis modelis, kuris atrodo taip:



**24 pav.** Sistemos bendrasis modelis

Kaip matome iš pateikto paveikslo, buvo panaudota MySQL duomenų bazė. Ji buvo sukurta jau egzistuojančiame serveryje. Serverio apsaugą užtikrina jau esamos serverio apsaugos priemonės. Sistema jungiasi prie serverio naudojantis kompiuteriniu tinklu.

Atsižvelgiant į reikalavimų specifikaciją, visa sistema padalinta į du atskirus modulius:

- ❖ Testavimo modulį;
- ❖ Administracinį modulį.

Jie yra visiškai atskiri. Testavimo modulis yra naudojamas testavimo procedūrai – pačio testo atlikimui ir gautų rezultatų nusiuntimui į duomenų bazę. Testavimo modulį naudos testuojamasis (studentas). Jis bus įdiegtas studentų kompiuteriuose.

Administracinį modulis yra naudojamas užduočių, transformacijos matricų šablonų bei testų rinkinių kūrimui, o taip pat ir rezultatų peržiūrai. Administracinį modulį naudos testuotojas (dėstytojas). Jis bus įdiegtas tik dėstytojo kompiuteryje.

### 3.6. PROGRAMINIŲ MODULIŲ SPECIFIKACIJOS

#### 3.6.1. Programinis modulis “Geometrinės transformacijos – Administracinis“

**Paskirtis.** Šis programinis modulis yra skirtas geometrinių transformacijų užduočių bei testų rinkinių sudarymui, taip pat studentų rezultatų peržiūrai.

**Funkcijos.** Modulis suteikia vartotojui galimybę atlikti tokias funkcijas:

- ❖ sudaryti transformacijų matricų šablonus;
- ❖ redaguoti pasirinktus transformacijų matricų šablonus;
- ❖ pašalinti nereikalingus transformacijų matricų šablonus;
- ❖ sukurti užduotis plokštumos bei trimatės erdvės transformacijoms;
- ❖ redaguoti parengtas užduotis;
- ❖ pašalinti nereikalingas užduotis;
- ❖ sudaryti įvairios apimties testų rinkinius;
- ❖ redaguoti suformuotus testų rinkinius;
- ❖ pašalinti nereikalingus testų rinkinius;
- ❖ peržiūrėti studentų rezultatų suvestinę, ją atspausdinti, pašalinti nereikalingus įrašus.

**Apribojimai.** Modulis yra atskirtas ir visiškai nesusietas su kitu programiniu moduliu (Geometrinės transformacijos – Testavimas). Šiuo moduliu naudojasi tik testuotojas (dėstytojas). Prisijungimui prie MySQL duomenų bazės turi būti nurodytas teisingas duomenų šaltinis.

**Struktūra.** Programinis modulis naudoja tokius vidinius modulius: Trinksalinimas, Trink\_perziura\_redaguoti, Trink\_naujas, Tgr\_salinimas, Tgr\_redaguoti, Tgr\_nauja, Stud\_sarasas, Atrankos\_kriterijai, Grupes\_sal, Uzduotis\_sal, Uzduotis\_redag, Matricos\_taisyimas, Matricos\_pildymas, Unit\_papildomi, Nauja\_uzd, Pagrindinis, Uzduotis\_nauja\_3D, Pagalb, Papildomi\_3D, Plokstumos\_pasirinkimas.

**Sąveika.** Modulis yra atskirtas ir visiškai nesusietas su kitu programiniu moduliu (Geometrinės transformacijos – Testavimas).

**Resursai.** Reikalingas spausdintuvas studentų rezultatų suvestinės spausdinimui. Šis modulis naudoja serveryje esančią MySQL duomenų bazę.

Į duomenų bazę perduodama: naujas transformacijų matricos šablonas, transformacijų matricos šablonas po redagavimo, nauja užduotis, užduotis po redagavimo, naujas testų rinkinys, testų rinkinys po redagavimo.

Iš duomenų bazės paaimama: transformacijų matricos šablonas (redagavimui), užduotis (redagavimui), testų rinkinys (redagavimui), studentų rezultatų suvestinė.

Iš duomenų bazės pašalinama: transformacijų matricų šablonas, užduotis, testų rinkinys, studentų rezultatų suvestinės įrašai.

**Sąsajos.** Moduliui reikalingas vietinis tinklas bei stabilus ryšys su duomenų bazės serveriu. Realizuota grafinė vartotojo sąsaja, kurioje naudojami įvairūs sąsajos tipai (naudojant pagrindinį bei kontekstinį meniu, komandinius mygtukus, formas, pagalbinius langus) bei elementai (kombinuotieji sąrašai, sąrašai, tekstiniai laukai, etiketės, parametrų jungikliai bei kt.).

### **Vidinių modulių specifikacija.**

Bendri metodai, kurie panaudoti daugelyje modulių:

*FormCreate* – veiksmai, atliekami sukuriant formą.

*FormActivate* – veiksmai, atliekami aktyvuojant formą.

*BackxClick* – grįžtama į pagrindinį langą (čia x - skaičius).

*FormMouseUp* – pelės dešinio klavišo spragtelėjimu išskviečiamas kontekstinis meniu.

*FormResize* – formos matmenų keitimas.

*FormPaint* – formos perpiešimas.

*RepaintxClick* – formos perpiešimo iškvietimas (čia x - skaičius).

*Piesimasx* – papildomas formos turinio perpiešimas (čia x - skaičius).

### **Trinksalinimas**

**Naudojama klasė:** TForm (TTrinkinys\_delete = class(TForm)).

**Naudojami moduliai:** Trink\_naujas, Trink\_perziura\_redaguoti, Pagrindinis, Uzduotis\_redag.

**Paskirtis:** pasirinkto testų rinkinio pašalinimas iš duomenų bazės.

### **Metodai:**

*ComboTrinkinys\_delete1Change* – pašalinimui pasirenkamas testų rinkinys.

*Trinkinys\_deleteButton1Click* – peržiūrimas pasirinktas testų rinkinys.

*Trinkinys\_deleteButton2Click* – pašalinamas pasirinktas testų rinkinys.

### **Trink perziura redaguoti**

**Naudojama klasė:** TForm (TRinkinys\_perziura = class(TForm)).

**Naudojami moduliai:** Uzduotis\_redag, Tgr\_nauja, Trink\_naujas, Pagrindinis, Trink\_salinimas, Nauja\_uzd.

**Paskirtis:** pasirinkto testų rinkinio peržiūra ir redagavimas (naujų užduočių įtraukimas bei užduočių pašalinimas iš rinkinio, užduoties įvertinimo pakeitimas).

### **Metodai:**

*ListRinkinys\_perziura1Click* – iš sąrašo pasirenkama užduotis.

*Rinkinys\_sarase* – rinkinio užduočių numerių pateikimas sąrašė.

*Back\_to\_trink\_newClick* – grįžtama prie naujo rinkinio formavimo.

*ComboRinkinys\_perziura1Change* – peržiūrai ar redagavimui pasirenkamas testų rinkinys.

*Rinkinys\_perziuraButton1Click* – užduoties pašalinimas iš testų rinkinio.

*Save5Click* – testų rinkinio išsaugojimas po redagavimo.

*Back\_to\_deleteClick* – grįžtama prie rinkinio pašalinimo.

*Rinkinys\_perziuraButton2Click* – pakeičiamas užduoties įvertinimas.

*Rinkinys\_perziuraButton3Click* – naujos užduoties įtraukimas į rinkinį.

### **Trink naujas**

**Naudojama klasė:** TForm (TTrinkinys\_new = class(TForm)).

**Naudojami moduliai:** Trink\_perziura\_redaguoti, Trink\_salinimas, Tgr\_nauja, Uzduotis\_sal, Nauja\_uzd, Uzduotis\_redag, Pagrindinis.

**Paskirtis:** naujo testų rinkinio formavimas.

#### **Metodai:**

*ComboTrinkinys\_new1Change* – pasirenkamas transformacijos tipas iš kombinuoto sąrašo; pasirinkto tipo užduočių numeriais užpildomas užduočių sąrašas.

*ListTrinkinys\_new1Click* – iš sąrašo pasirenkama užduotis.

*Trinkinys\_newButton1Click* – užduoties įtraukimas į rinkinį.

*Trinkinys\_newButton2Click* – rinkinio peržiūros iškvietimas.

*form\_over\_and\_saveClick* – naujo rinkinio įrašymas į duomenų bazę.

*ADOTrinkAfterPost* – pranešimas apie sėkmingą įrašo įterpimą.

*ADOTrinkPostError* – pranešimas apie nesėkmingą įrašo įterpimą.

*ADOTrinkAfterDelete* – pranešimas apie sėkmingą įrašo pašalinimą.

*ADOTrinkDeleteError* – pranešimas apie nesėkmingą įrašo pašalinimą.

### **Tgr salinimas**

**Naudojama klasė:** TForm (TTgr\_del = class(TForm))

**Naudojami moduliai:** Pagrindinis, Tgr\_nauja.

**Paskirtis:** transformacijų tipo ir tam tipui priklausančių užduočių pašalinimas iš duomenų bazės.

#### **Metodai:**

*ListboxTgr\_del1Click* – iš sąrašo pasirenkamas transformacijų tipas.

*ButtonTgr\_del1Click* – pašalinamas pasirinktas transformacijų tipas.

*ButtonTgr\_del2Click* – grįžtama į pagrindinį langą.

### **Tgr redaguoti**

**Naudojama klasė:** TForm (TTgr\_edit = class(TForm)).

**Naudojami moduliai:** Pagrindinis, Tgr\_nauja, Uzduotis\_redag, Matricos\_pildymas.

**Paskirtis:** transformacijų tipo redagavimas (pavadinimo keitimas ir matricos elementų koregavimas).

#### **Metodai:**

*Uzpildymas* – transformacijų matricos užpildymas.

*ListboxTgr\_edit1Click* – iš sąrašo pasirenkamas transformacijų tipas.

*ButtonTgr\_edit2Click* – transformacijų tipo išsaugojimas po redagavimo.

*ButtonTgr\_edit1Click* – grįžtama į pagrindinį langą.

### **Tgr nauja**

**Naudojama klasė:** TForm (TTgr\_newa = class(TForm)).

**Naudojami moduliai:** Pagrindinis, Tgr\_redaguoti, Tgr\_salinimas.

**Paskirtis:** naujo transformacijų tipo kūrimas.

#### **Metodai:**

*Matricos\_valymas* – transformacijų matricos išvalymas ir sumažinimas.

*Saraso\_pildymas\_visas* – sąrašo užpildymas visomis reikšmėmis.

*Matricos\_paruosimas* – matricos paruošimas jos elementų įvedimui.

*Iraso\_formavimas* – transformacijų matricos įrašo formavimas įrašymui į duomenų bazę.

*Iraso\_formavimas\_be\_matricos* – transformacijų matricos įrašo formavimas įrašymui į duomenų bazę (pavienis atvejis, kai nenurodoma transformacijų matrica).

*ButtonTgr\_new2Click* – grįžtama į pagrindinį langą.

*ButtonTgr\_new1Click* – patvirtinamas transformacijų tipo pavadinimo įvedimas.

*ButtonTgr\_new3Click* – aktyvuojamas matricos paruošimas (*Matricos\_paruosimas*).

*ButtonTgr\_new4Click* – naujo transformacijų tipo įrašymas į duomenų bazę.

*ADOTTgrAfterPost* – pranešimas apie sėkmingą įrašo įterpimą.

*ADOTTgrPostError* – pranešimas apie nesėkmingą įrašo įterpimą.

*ADOTTgrAfterDelete* – pranešimas apie sėkmingą įrašo pašalinimą.

*ADOTTgrDeleteError* – pranešimas apie nesėkmingą įrašo pašalinimą.

### **Stud sarasas**

**Naudojama klasė:** TForm (TSarasas = class(TForm)).

**Naudojami moduliai:** Atrankos\_kriterijai, Grupes\_sal, Pagrindinis.

**Paskirtis:** studentų įvertinimų sąrašo peržiūra ir spausdinimas.

#### **Metodai:**

*Saraso\_uzpildymas* – studentų įvertinimų sąrašo užpildymas.

*ButtonSarasas1Click* – studentų įvertinimų sąrašo atranka (pagal 3 kriterijus).

*ButtonSarasas3Click* – pažymėto įrašo šalinimas iš sąrašo ir duomenų bazės.

*ButtonSarasas4Click* – nurodytos studentų akademinės grupės įvertinimų įrašų šalinimas iš sąrašo ir duomenų bazės.

*ButtonSarasas2Click* – pilno studentų įvertinimų sąrašo rodymas.

### **Atrankos kriterijai**

**Naudojama klasė:** TForm (TAttr\_kriter = class(TForm)).

**Naudojami moduliai:** Stud\_sarasas.

**Paskirtis:** studentų įvertinimų sąrašo atranka (pagal 3 kriterijus).

### **Metodai:**

*Combo\_sudarymas* – kombinuoto sąrašo užpildymas visomis reikšmėmis.

*Atr\_kriterRButton1Click* – pasirenkama sąrašo atranka pagal akademinę grupę.

*Atr\_kriterRButton2Click* – pasirenkama sąrašo atranka pagal studento pavardę.

*Atr\_kriterRButton3Click* – pasirenkama sąrašo atranka pagal datą.

*Atr\_kriterCombo1Click* – pasirenkamas akademinė grupė iš kombinuoto sąrašo.

*Atr\_kriterButton1Click* – atliekama atranka pagal nurodytą kriterijų.

### **Grupės sal**

**Naudojama klasė:** TForm (TGrup\_sal = class(TForm)).

**Naudojami moduliai:** Stud\_sarasas, Atrankos\_kriterijai.

**Paskirtis:** nurodytos studentų akademinės grupės įvertinimų įrašų šalinimas iš sąrašo ir duomenų bazės.

### **Metodai:**

*Grup\_salCombo1Change* – iš kombinuoto sąrašo pasirenkama akademinė grupė.

*Grup\_salButton1Click* – pašalinami visi akademinės grupės studentų įvertinimų įrašai.

### **Užduotis sal**

**Naudojama klasė:** TForm (TUzduotis\_del = class(TForm)).

**Naudojami moduliai:** Pagrindinis, Uzduotis\_redag, Nauja\_uzd.

**Paskirtis:** užduoties pašalinimas iš duomenų bazės.

### **Metodai:**

*ComboUzduotis\_del1Change* – iš kombinuoto sąrašo pasirenkamas transformacijos tipas.

*ListUzduotis\_del1Click* – iš sąrašo pasirenkama užduotis.

*Uzduotis\_delButton1Click* – pašalinama pasirinkta užduotis.

### **Užduotis redag**

**Naudojama klasė:** TForm (TUzduotis\_edit = class(TForm)).

**Naudojami moduliai:** Galutines\_pasirinkimas, Pagrindinis, Matricos\_taisyimas, Matricos\_pildymas, Tgr\_nauja, Nauja\_uzd.

**Paskirtis:** užduoties redagavimas (transformacijų matricos keitimas).

**Metodai:**

*Combo\_pildymas\_visas* – kombinuoto sąrašo užpildymas (visomis reikšmėmis).

*Combo\_pildymas\_dalinis* – kombinuoto sąrašo užpildymas (reikšmėmis pagal kriterijų).

*Paieska\_table* – string tipo reikšmių paieška duomenų bazės lentelėje.

*Paieska\_table\_int* – integer tipo reikšmių paieška duomenų bazės lentelėje.

*Skaiciuoja* – sudaro užduočiai priklausančių figūrų numerių masyvą.

*Ivertinimai* – sudaro testų rinkinio užduočių įvertinimų masyvą.

*Figuros\_nustatymas* – nustatomas užduoties figūros tipas.

*Saraso\_pildymas\_dalinis* – sąrašo užpildymas (reikšmėmis pagal kriterijų).

*Masyvu\_sudarymas* – suformuojami figūros masyvai.

*ComboUzduotis\_edit1Change* – iš kombinuoto sąrašo pasirenkamas transformacijos tipas.

*ListUzduotis\_edit1Click* – iš sąrašo pasirenkama užduotis.

*Uzduotis\_editButton2Click* – transformacijos matricos keitimo lango iškvietimas.

*Save2Click* – užduoties išsaugojimas po redagavimo.

*Issaugoti\_po\_pakeitimo* – užduoties įrašymas į duomenų bazę (po redagavimo).

### **Matricos\_taisyimas**

**Naudojama klasė:** TForm (TMatrica\_edit = class(TForm)).

**Naudojami moduliai:** Tgr\_nauja, Uzduotis\_redag, Matricos\_pildymas, Nauja\_uzd.

**Paskirtis:** transformacijų matricos reikšmių keitimas.

**Metodai:**

*Matrica\_editButton1Click* – atliekama figūrų transformacija su naujai įvesta (pakoreguota) transformacijų matrica.

*CheckBox\_Matrica\_edit1Click* – laipsnių įvedimo pasirinkimas.

*Matrica\_editButton2Click* – laipsnių reikšmių perskaičiavimas.

### **Matricos\_pildymas**

**Naudojama klasė:** TForm (TMatrica = class(TForm)).

**Naudojami moduliai:** Tgr\_nauja, Uzduotis\_nauja\_3D, Nauja\_uzd, Uzduotis\_redag, Pagrindinis.

**Paskirtis:** transformacijų matricos naujų reikšmių įvedimas.

**Metodai:**

*Matricos\_uzpildymas* – matricos užpildymas transformacijos šablono reikšmėmis (transformacijų kompozicijos atveju).

*Ilgis* – matricos dydžio nustatymas.

*MatricaButton1Click* – masyvo sudarymas iš transformacijų matricos elementų.

*ComboMatrica1Change* – iš kombinuoto sąrašo pasirenkamas transformacijos tipas.

*CheckBox\_Matrica1Click* – laipsnių pasirinkimas (pasukimo transformacijos atveju).

*MatricaButton2Click* – laipsnių reikšmių perskaičiavimas (pasukimo transformacijos atveju).

### **Unit papildomi**

**Naudojama klasė:** TForm (TPap\_duom = class(TForm)).

**Naudojami moduliai:** Nauja\_uzd.

**Paskirtis:** papildomų duomenų įvedimas apskritimo braižymo atveju.

**Metodai:**

*Button\_Pap\_duom1Click* – apskritimo spindulio įrašymas į masyvą.

### **Nauja\_uzd**

**Naudojama klasė:** TForm (TUzduotis\_new = class(TForm)).

**Naudojami moduliai:** Matricos\_pildymas, Pagrindinis, Uzduotis\_redag, Unit\_papildomi, Tgr\_nauja.

**Paskirtis:** naujos užduoties sukūrimas.

**Metodai:**

*Apskritimas* – apskritimo braižymo algoritmas.

*Masyvu\_perrasymas* – masyvo dubliavimas (iki pabaigos žymės).

*Liekanos* – koordinačių perskaičiavimas, realizuojant pritraukimą prie tinklelio (angl. *snap to grid*).

*PGfigura* – figūrų braižymas iš suformuotų masyvų.

*Dazymas* – figūrų užpildymas spalva.

*Galines\_figuros\_perskaiciavimai* – galutinės figūros perskaičiavimas pagal užpildytą transformacijų matricą.

*Koordinates* – koordinačių sistemos braižymas.

*Perkelimo\_matrica* – galutinės figūros taškų masyvų suformavimas pagal transformacijų matricą.

*Perkelimo\_matrica\_apskr* – galutinės figūros taškų masyvų suformavimas pagal transformacijų matricą (atskiras atvejis apskritimui).

*Masyvu\_papildymas* – figūros masyvų papildymas X ir Y taškų koordinatėmis.



*Masyvu\_papildymas\_laisvai* – figūros masyvų papildymas X ir Y taškų koordinatėmis, nepadidinant elementų skaičiaus.

*FormMouseDown* – pasirinktos figūros braižymas pele.

*Uzdarymas* – figūros uždarymas, t.y. jos paskutinis taškas sutapatinamas su pirmuoju.

*Figuros\_uzbaigimas* – figūros masyvų pabaigos žymė.

*Plokstumos\_nuoroda* – speciali pagrindo plokštumos nuoroda.

*Figuros\_naikinimas* – nubraižyto figūros naikinimas.

*Virsuniu\_skaiciavimas* – naikinamų viršūnių skaičiavimas (laisvai figūrai).

*FormKeyDown* – reagavimo į klaviatūros klavišų paspaudimus aprašymas.

*Tikrinimas* – tikrinama, ar figūra neišeina už leistinių lango ribų.

*Tikrinimas\_aps* – tikrinama, ar apskritimas neišeina už leistinių lango ribų (atskiras atvejis).

*Uzduotis\_newButton2Click* – masyvų perskaičiavimai galutinėms figūroms ir jų atvaizdavimas.

*Parametrai* – parametrų nustatymas, kai pasirenkama figūra.

*Uzduotis\_newTButton1Click* – pasirenkamas braižyti stačiakampis.

*Uzduotis\_newTButton2Click* – pasirenkama braižyti laisva figūra.

*Uzduotis\_newTButton3Click* – pasirenkama braižyti linija.

*Uzduotis\_newTButton4Click* – pasirenkamas braižyti apskritimas.

*Uzduotis\_newTButton5Click* – pasirenkamas figūros užpildymas spalva.

*ADOTUzdPostError* – pranešimas apie nesėkmingą įrašo įterpimą.

*RedoClick* – transformacijų matricos nurodymas iš naujo.

*NextCompClick* – sekančio transformacijų kompozicijos žingsnio vykdymas.

*ComboUzduotis\_new1Change* – iš kombinuoto sąrašo pasirenkamas transformacijos tipas.

*Uzduotis\_newButton1Click* – transformacijų matricos įvedimo lango iškvietimas.

*Kompoziciju\_matrica* – transformacijų kompozicijos matricos apskaičiavimas.

*Issaugoti* – naujos užduoties įrašymas į duomenų bazę.

*SaveClick* – aktyvuojamas naujos užduoties įrašymas (*Issaugoti*).

### **Pagrindinis**

**Naudojama klasė:** TForm (TPagr = class(TForm)).

**Naudojami moduliai:** Tgr\_nauja, Tgr\_redaguoti, Tgr\_salinimas, Stud\_sarasas, Nauja\_uzd, Uzduotis\_redag, Uzduotis\_sal, Trink\_naujas, Trink\_perziura\_redaguoti, Trink\_salinimas, Uzduotis\_nauja\_3D.

**Paskirtis:** pagrindinio lango sukūrimas.

**Metodai:**

*M11Click, M12Click, M13Click, M15Click, M21Click, M22Click, M23Click, M31Click, M32Click, M33Click, M41Click* – atitinkamos formos iškvietimas.

*MexitClick* – programos darbo nutraukimas.

**Uzduotis nauja 3D**

**Naudojama klasė:** TForm (TUzduotis\_new\_3D = class(TForm)).

**Naudojami moduliai:** Tgr\_nauja, Uzduotis\_redag, Pagalb, Plokstumos\_pasirinkimas, Matricos\_pildymas, Pagrindinis, Nauja\_uzd, Papildomi\_3D.

**Paskirtis:** naujos užduoties sukūrimas trimatėje erdvėje.

**Metodai:**

*Koordinates3D* – trimatės koordinačių sistemos braižymas.

*Piesimas3D* – papildomas formos turinio perpiešimas.

*Gretasienis3D* – stačiakampio gretasienio braižymas.

*Prizme3D* – prizmės braižymas.

*Piramide\_3D* – keturkampės piramidės braižymas.

*Pleistas3D* – pleišto braižymas.

*Pervedimas\_i\_xy\_masyva, Pervedimas\_i\_xz\_masyva, Pervedimas\_i\_yz\_masyva* – galutinės figūros trimačių koordinačių perskaičiavimas į dvimačių koordinačių taškus (figūros pagrindas nubraižytas atitinkamai xy, xz ar yz plokštumoje).

*Combo1Uzduotis\_new\_3Dchange* – iš kombinuoto sąrašo pasirenkamas transformacijos tipas.

*TButton1Uzduotis\_new\_3Dclick* – pasirenkamas braižyti stačiakampis gretasienis.

*TButton2Uzduotis\_new\_3Dclick* – pasirenkama braižyti prizmė.

*TButton3Uzduotis\_new\_3Dclick* – pasirenkama braižyti keturkampę piramidę.

*TButton4Uzduotis\_new\_3Dclick* – pasirenkamas braižyti pleištas.

*Button1Uzduotis\_new\_3Dclick* – transformacijų matricos įvedimo lango iškvietimas.

*Button2Uzduotis\_new\_3Dclick* – masyvų perskaičiavimai galutinėms figūroms ir jų atvaizdavimas.

*Matricu\_daugyba* – matricų daugyba.

*Issaugoti3D* – naujos užduoties įrašymas į duomenų bazę.

*Redo\_newClick* – transformacijų matricos nurodymas iš naujo.

*Save\_newClick* – aktyvuojamas naujos užduoties įrašymas (*Issaugoti3D*).

**Pagalb**

**Naudojama klasė:** TForm (TPagalbine = class(TForm)).

**Naudojami moduliai:** Uzduotis\_nauja\_3D, Papildomi\_3D, Nauja\_uzd.

**Paskirtis:** figūros pagrindo braižymas (dvimatėje erdvėje) erdvinei figūrai.

**Metodai:**

*FormKeyDown* – reagavimo į klaviatūros klavišų paspaudimus aprašymas.

*Button1\_PagalbineClick* – papildomų duomenų lango iškvietimas.

*FormMouseDown* – pasirinktos figūros pagrindo braižymas pele.

### **Papildomi 3D**

**Naudojama klasė:** TForm (TPapildomi\_duomenys = class(TForm)).

**Naudojami moduliai:** Uzduotis\_nauja\_3D, Pagalb, Plokstumos\_pasirinkimas, Nauja\_uzd.

**Paskirtis:** papildomų duomenų įvedimas ir reikalingų masyvų sudarymas.

**Metodai:**

*Perskaiciavimas\_i\_3D\_xy*, *Perskaiciavimas\_i\_3D\_xz*, *Perskaiciavimas\_i\_3D\_yz* – trimatės erdvės figūros masyvų koordinačių perskaiciavimas į ekrano taškų vietą (figūros pagrindas nubraižytas atitinkamai xy, xz ar yz plokštumoje).

*Suvedimas\_i\_3D\_masyva\_xy*, *Suvedimas\_i\_3D\_masyva\_xz*, *Suvedimas\_i\_3D\_masyva\_yz* – figūros trimatėje erdvėje koordinačių suvedimas į masyvus (figūros pagrindas nubraižytas atitinkamai xy, xz ar yz plokštumoje).

*Button1\_Papildomi\_duomenysClick* – duomenų įvedimo aptvirtinimas, parametrų išsaugojimas ir nustatymas.

### **Plokstumos pasirinkimas**

**Naudojama klasė:** TForm (TPlokstuma = class(TForm)).

**Naudojami moduliai:** Papildomi\_3D.

**Paskirtis:** trimatės erdvės figūros pagrindo plokštumos pasirinkimas.

**Metodai:**

*Button1\_PlokstumaClick* – pasirinktos plokštumos įsiminimas.

## **3.6.2. Programinis modulis “Geometrinės transformacijos – Testavimas”**

**Paskirtis.** Šis programinis modulis yra skirtas testų atlikimui.

**Funkcijos.** Modulis suteikia vartotojui galimybę atlikti tokias funkcijas:

- ❖ nurodyti testo parametrus ir pasirinkti norimą testų rinkinį (naują arba jau pradėtą, bet dėl kokių nors priežasčių nepabaigtą);
- ❖ atlikti testo užduotis;
- ❖ gauti tarpinius įvertinimus;
- ❖ gauti galutinį įvertinimą bei atsakymų statistiką;
- ❖ nusiųsti rezultatus į duomenų bazę.

**Apribojimai.** Modulis yra atskirtas ir visiškai nesusietas su kitu programiniu moduliu (Geometrinės transformacijos – Administracinis). Prisijungimui prie MySQL duomenų bazės turi būti nurodytas teisingas duomenų šaltinis.

**Struktūra.** Programinis modulis naudoja tokius vidinius modulius: Unit\_laikymas, Unit\_test\_pasirink, Unit\_intro, Unit\_paaisk, Unit\_atsakymas, Unit\_tarpinis\_ivertinimas, Unit\_ivertinimas, Unit\_duom, Unit\_pabaiga.

**Sąveika.** Modulis yra atskirtas ir visiškai nesusietas su kitu programiniu moduliu (Geometrinės transformacijos – Administracinis).

**Resursai.** Naudoja serveryje esančią MySQL duomenų bazę.

Į duomenų bazę perduodama: testo įvertinimas ir asmeniniai testuojamojo duomenys.

Iš duomenų bazės paimama: testų rinkinys, nurodyto testų rinkinio užduotys.

**Sąsajos.** Moduliui reikalingas vietinis tinklas bei stabilus ryšys su duomenų bazės serveriu. Realizuota grafinė vartotojo sąsaja, kurioje naudojami keletas sąsajos tipų (naudojant komandinius mygtukus, formas, pagalbinius langus) bei įvairūs elementai (kombinuotieji sąrašai, sąrašai, tekstiniai laukai, etiketės bei kt.).

#### **Vidinių modulių specifikacija.**

Bendri metodai, kurie panaudoti daugelyje modulių:

*FormCreate* – veiksmai, atliekami sukuriant formą.

*FormActivate* – veiksmai, atliekami aktyvuojant formą.

*FormMouseUp* – pelės dešinio klavišo spragtelėjimu iškviečiamas kontekstinis menu.

*FormPaint* – formos perpiešimas.

*RepaintxClick* – formos perpiešimo iškvietimas (čia x - skaičius).

*Piesimas* – papildomas formos turinio perpiešimas.

#### **Unit laikymas**

**Naudojama klasė:** TForm (TLaikymas = class(TForm)).

**Naudojami moduliai:** Unit\_test\_pasirink, Unit\_atsakymas, Unit\_ivertinimas, Unit\_tarpinis\_ivertinimas, Nauja\_uzd.

**Paskirtis:** laikomo testų rinkinio užduočių atvaizdavimas.

#### **Metodai:**

*Apskritimas2* – apskritimo braižymo algoritmas (pagal studento pateiktą atsakymą).

*Matricos\_dydis* – matricos dydžio nustatymas.

*Matrica* – matricos sudarymas iš duomenų bazės įrašo.

*Atsakymo\_figura* – figūrų braižymas (pagal studento pateiktą atsakymą).

*Button\_Laikymas2Click* – atsakymo įvedimo lango iškvietimas.

*Button\_Laikymas1Click* – sekančios testo užduoties pateikimas.

### **Unit test pasirink**

**Naudojama klasė:** TForm (TTesto\_pasirinkimas = class(TForm)).

**Naudojami moduliai:** Unit\_paaisk, Uzduotis\_redag.

**Paskirtis:** testų rinkinio pasirinkimas.

**Metodai:**

*Elementu\_nustatymas* – testo užduočių skaičiaus nustatymas.

*Masyvu\_pildymas* – reikiamų masyvų užpildymas (iš duomenų bazės įrašo).

*Combo\_Testo\_pasirinkimas1Change* – iš kombinuoto sąrašo pasirenkamas transformacijos tipas.

*Button\_Testo\_pasirinkimas1Click* – testų rinkinio rūšies pasirinkimo patvirtinimas.

*Button\_Testo\_pasirinkimas2Click* – paaiškinimų lango iškvietimas.

*List\_Testo\_pasirinkimas1Click* – iš sąrašo pasirenkamas testų rinkinys.

### **Unit intro**

**Naudojama klasė:** TForm (TIntro = class(TForm)).

**Naudojami moduliai:** Unit\_test\_pasirink.

**Paskirtis:** pradinio lango sukūrimas (pateikimas).

**Metodai:**

*Button\_Intro1Click* – testų rinkinio pasirinkimo lango iškvietimas.

### **Unit paaisk**

**Naudojama klasė:** TForm (TPaaiskinimai = class(TForm)).

**Naudojami moduliai:** Unit\_laikymas.

**Paskirtis:** testo laikymo paaiškinimų pateikimas.

**Metodai:**

*Button\_Paaiskinimai1Click* – testo laikymo lango iškvietimas.

### **Unit atsakymas**

**Naudojama klasė:** TForm (TAtsakymas = class(TForm)).

**Naudojami moduliai:** Unit\_test\_pasirink, Unit\_tarpinis\_ivertinimas, Unit\_laikymas, Nauja\_uzd, Tgr\_nauja.

**Paskirtis:** užduoties atsakymo pateikimas.

**Metodai:**

*Matricos\_irasas* – transformacijų matricos įrašo formavimas.

*Matricos\_paruosimas* – matricos paruošimas jos elementų įvedimui.

*Dazymas2* – figūrų užpildymas spalva (pagal studento pateiktą atsakymą).

*Ats\_tikrinimas* – pateikto atsakymo patikrinimas.

*Button\_Atsakymas1Click* – aktyvuojamas matricos paruošimas (*Matricos\_paruosimas*).

*Button\_Atsakymas2Click* – masyvų perskaičiavimai atsakymo figūroms ir jų atvaizdavimas; atsakymo patikrinimo vykdymas.

### **Unit tarpinis ivertinimas**

**Naudojama klasė:** TForm (TTarp\_ivert = class(TForm)).

**Naudojami moduliai:** Unit\_laikymas.

**Paskirtis:** atsakymo teisingumo įvertinimas.

**Metodai:**

*ButtonTarp\_ivert1Click* – atsakymo įvertinimo pateikimas ir grįžimas į testo laikymo langą.

### **Unit ivertinimas**

**Naudojama klasė:** TForm (TIvert = class(TForm)).

**Naudojami moduliai:** Unit\_test\_pasirink, Unit\_laikymas, Unit\_duom.

**Paskirtis:** galutinio įvertinimo pateikimas.

**Metodai:**

*Button1Click* – testuojamojo asmeninių duomenų įvedimo lango iškvietimas.

### **Unit duom**

**Naudojama klasė:** TForm (TDuomenys = class(TForm)).

**Naudojami moduliai:** Unit\_ivertinimas, Unit\_pabaiga, Unit\_test\_pasirink.

**Paskirtis:** testuojamojo asmeninių duomenų įvedimas ir išsaugojimas duomenų bazėje.

**Metodai:**

*Button\_Duomenys1Click* – duomenų nusiuntimas ir išsaugojimas duomenų bazėje

*ADOTSarasasAfterInsert* – pranešimas apie sėkmingą įrašo įterpimą.

*ADOTSarasasPostError* – pranešimas apie nesėkmingą įrašo įterpimą.

### **Unit pabaiga**

**Naudojama klasė:** TForm (TPabaiga = class(TForm)).

**Paskirtis:** darbo pabaiga.

**Metodai:**

*Button\_Pabaiga1Click* – programos darbo nutraukimas.

## 4. VARTOTOJO DOKUMENTACIJA

### 4.1. SISTEMOS FUNKCINIS APRAŠYMAS

Sukurtos sistemos paskirtis – sudaryti plokštumos ir trimatės erdvės geometrinių transformacijų testų užduotis bei atlikti patį testavimą.

Sistema pasižymi tokiomis pagrindinėmis savybėmis:

- užtikrina greitą ir paprastą užduočių parengimą;
- leidžia suformuoti norimo sudėtingumo bei tematikos testų rinkinius;
- leidžia greitai ir efektyviai testuoti studentus, jų gautus įvertinimus kaupti duomenų bazėje.
- suteikia galimybę peržiūrėti studentų įvertinimų suvestinę.

Sistema siūlo tokias galimybes:

- sudaryti transformacijų matricų šablonus, kurie leis greičiau ir patogiau įvesti norimas matricas.
- redaguoti transformacijų matricų šablonus, nereikalingus pašalinti.
- sukurti užduotis plokštumos bei trimatės erdvės transformacijoms. Užduotyse galima bus nubraižyti įvairių standartinių bei nestandartinių figūrų skaičių bei pritaikyti joms visas transformacijas (ir transformacijų kompoziciją). Galima koreguoti nepatinkančias figūras ar jas panaikinti (tik iškart po figūros nubraižymo).
- redaguoti parengtas užduotis, pakeičiant transformacijos matricą, nereikalingas užduotis pašalinti.
- sukurti iš parengtų užduočių įvairios apimties testų rinkinius, nurodant kiekvienai užduočiai jos svorį.
- redaguoti suformuotus testų rinkinius, nereikalingus pašalinti.
- peržiūrėti studentų įvertinimus, nufiltruoti juos pagal 3 parametrus (testo laikymo datą, studento pavardę, studentų akademinę grupę), surikiuoti sąrašą, jį atspausdinti, pašalinti nereikalingus įrašus.
- atlikti dėl kokių nors priežasčių nebaigtą testą (tą patį testų rinkinį nuo tos vietos, kai testavimas nutrūko).
- nurodžius testo parametrus, pasirinkti norimą testų rinkinį testo atlikimui.
- atlikti testo užduotis. Atlikus užduotį, pranešimu informuojama, ar užduotis atlikta teisingai, ar ne. Galima pamatyti, kiek teisingas rezultatas skiriasi nuo klaidingai nurodyto (jei užduotis atliekama neteisingai).
- pabaigus testą, sistema pateikia galutinį įvertinimą bei atsakymų statistiką.

- nurodžius reikiamus duomenis, rezultatai nusiunčiami į duomenų bazę.

## 4.2. SISTEMOS INSTALIAVIMO DOKUMENTAS

### Programinės įrangos reikalavimai:

- Operacinė sistema: Windows 98/ME/NT/2000/XP.
- MySQL ODBC tvarkyklė (v. 3.51), leidžianti prisijungti prie MySQL duomenų bazės. Ji pridedama prie programos.

### Minimalūs techninės įrangos reikalavimai:

- Procesoriaus taktinis dažnis: 500 MHz.
- Operatyvinė atmintis: 64 MB.
- Monitorius: 15" įstrižainė.
- Vieta kietajame diske: 10 MB.
- Internetas.

### Sistemą sudarantys failai.

Sistema sudaryta iš dviejų atskirų modulių: administracinio (*“Geometrinės transformacijos – Administracinis”*) ir testavimo (*“Geometrinės transformacijos – Testavimas”*) modulių.

Sistemą sudarantys failai yra dviejuose kataloguose:

- Administracinis (administracinio modulio failai).
- Testavimas (testavimo modulio failai).

*“Geometrinės transformacijos – Administracinis”* modulį sudarantys failai:

- Administracinis.exe – administracinio modulio paleidžiamasis failas.
- qtintf70.dll – pagalbinių bibliotekų.
- Skaityk.txt – trumpos nuorodos vartotojui.
- MyODBC-standard-3.51.07win.exe – MySQL ODBC tvarkyklė.

*“Geometrinės transformacijos – Testavimas”* modulį sudarantys failai:

- Testavimas.exe – testavimo modulio paleidžiamasis failas.
- qtintf70.dll – pagalbinių bibliotekų.
- Skaityk.txt – trumpos nuorodos vartotojui.
- MyODBC-standard-3.51.07win.exe – MySQL ODBC tvarkyklė.

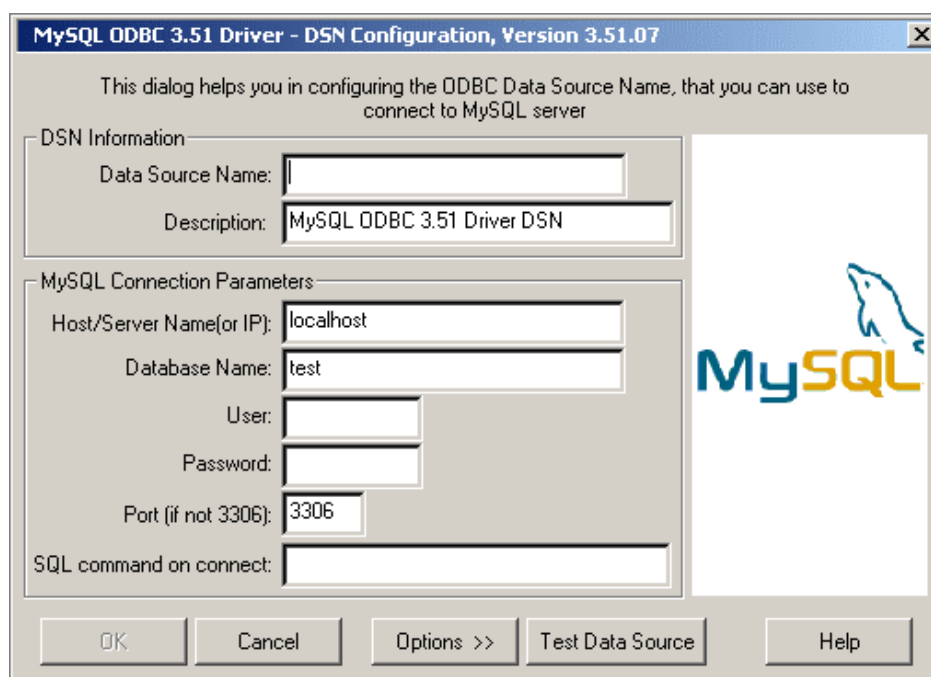
### Programos instaliavimas.

*“Geometrinės transformacijos – Administracinis”* modulio instaliavimas:

1. Kataloge *“Administracinis”* surasti ir paleisti failą *MyODBC-standard-3.51.07win.exe*.



2. Suinstaliuoti tvarkyklę pagal instaliacijos metu nurodomus veiksmus.
3. Nukopijuoti visus katalogo failus, išskyrus *MyODBC-standard-3.51.07win.exe*, į pasirinktą katalogą kietajame diske.
4. Pasirinkti Start→Settings→Control Panel.
5. Pasirinkus Administrative Tools, paspausti nuorodą “Data Sources (ODBC)”.
6. “ODBC Data Source Administrator” lange pasirinkti “System DSN” kortelę ir paspausti mygtuką “Add”.
7. “Create New Data Source” lange pasirinkti punktą “MySQL ODBC 3.51 Driver” ir paspausti mygtuką “Finish”.
8. Atsiradusiame lange nurodyti reikiamus duomenis.



**25 pav.** MySQL naujo duomenų šaltinio konfigūravimas

Data Source Name: nurodyti duomenų šaltinio vardą (pasirinkti savo nuožiūra).

Host/Server Name(or IP): nurodyti serverio vardą arba jo IP adresą.

Database Name: nurodyti duomenų bazės vardą serveryje.

User: nurodyti vartotojo prisijungimo prie serverio duomenų bazės vardą.

Password: nurodyti vartotojo prisijungimo prie serverio duomenų bazės slaptažodį.

Paspaudus mygtuką “Test Data Source” patikrinama, ar galima prisijungti prie duomenų bazės. Jei gaunamas klaidos pranešimas, reikia patikrinti prisijungimo duomenis.

9. Spaudžiate mygtuką “OK” ir uždarote visus langus.

“*Geometrinės transformacijos – Testavimas*” modulio instaliavimas:

1. Kataloge “Testavimas” surasti ir paleisti failą *MyODBC-standard-3.51.07win.exe* (jei tai nebuvo atlikta anksčiau).

2. Suinstaliuoti tvarkyklę pagal instaliacijos metu nurodomus veiksmus (jei tai nebuvo atlikta anksčiau).
3. Nukopijuoti visus katalogo failus, išskyrus *MyODBC-standard-3.51.07win.exe*, į pasirinktą katalogą kietajame diske.
4. Jeigu nebuvo sukurtas ODBC duomenų šaltinis, kartoti 4-9 “*Geometrinės transformacijos – Administracinis*” modulio instaliavimo žingsnius.

#### **Programos pašalinimas.**

1. Iš katalogo, į kurį instaliavimo metu perkėlėte administracinio modulio failus, pašalinkite perkeltuosius failus (jų sąrašą žiūrėti programos instaliavimo dalyje).
2. Iš katalogo, į kurį instaliavimo metu perkėlėte testavimo modulio failus, pašalinkite perkeltuosius failus (jų sąrašą žiūrėti programos instaliavimo dalyje).
3. Pasirinkti Start→Settings→Control Panel.
4. Pasirinkus Administrative Tools, paspausti nuorodą “Data Sources (ODBC)”.
5. “ODBC Data Source Administrator” lange pasirinkti “System DSN” kortelę. Pažymėti sukurtuosius duomenų srautus ir paspausti mygtuką “Remove”.
6. Jei norite pašalinti MySQL ODBC tvarkyklę, pasirinkite Start→Settings→Control Panel. Pasirinkite punktą “Add or Remove programs”. Sąraše suraskite “MySQL Connector/ODBC” ir paspauskite mygtuką “Remove”.

### **4.3. SISTEMOS VADOVAS**

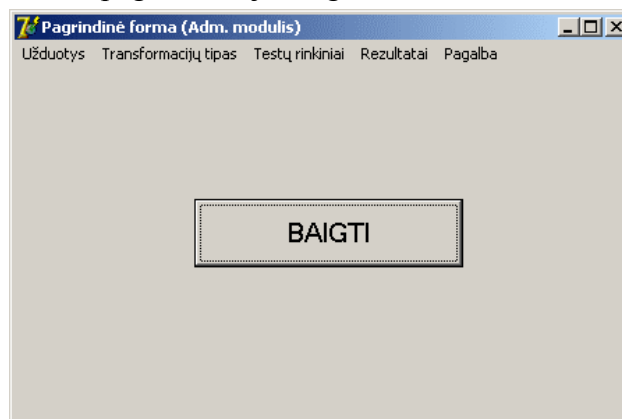
Programa geriausiai pritaikyti dirbti 1024x768 taškų skiriamosios gebos režime.

Programinės įrangos paketą sudaro du moduliai:

- Administracinis modulis;
- Testavimo modulis.

#### **“Geometrinės transformacijos – Administracinis” modulis**

Paleidus modulio matomas pagrindinis jo langas:



**26 pav.** Pagrindinis langas

Visos pagrindinės operacijos pasirenkamos iš viršutinio meniu.



– šio mygtuko paspaudimu baigiamas darbas.

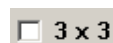
Naujo transformacijų tipo ir jo matricos sudarymas. Pasirinkite pagrindinio lango meniu punktą *Transformacijų tipas* → *Sukurti naują tipą*.

1	0	0
0	1	0
x	x	1

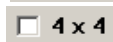
**27 pav.** Naujo transformacijų tipo kūrimo langas

*Transformacijų tipų sąrašė* matysite jau sukurtus transformacijų tipus (pavadinimus). Įvedimo lauke “*Naujas transformacijų tipas*” nurodysite transformacijų tipo pavadinimą ir paspausite mygtuką “*Patvirtinti*”. Jei lauko neužpildysite, sistema pateiks klaidos pranešimą (neteisingai nurodytas pavadinimas).

Toliau nurodysite transformacijų matricos šablono formatą:



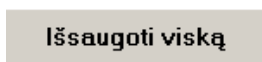
– jei matrica kuriama transformacijai plokštumoje



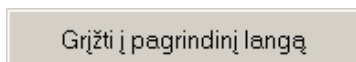
– jei matrica kuriama transformacijai trimatėje erdvėje

Nurodę formatą, paspauskite mygtuką “*Formuoti matricą*”. Bus pateikta tuščia matrica. Pastovius matricos elementus užpildykite sveikais skaičiais (0 arba 1), o į kintamų elementų vietą įrašykite po simbolį “x” (žr. 27 pav).

Jei kuriate naują transformacijos tipą dvimatei ar trimatei plokštumai, kuris neturi nustatyto matricos šablono (t.y. transformacijų kompozicija), tuomet lauke “*Naujas transformacijų tipas*” nurodysite norimą transformacijų tipo pavadinimą, pažymėsite varnele atitinkamai lauką  **Neformuoti matricos (dvimatės)** arba  **Neformuoti matricos (trimatės)** ir tada paspausite mygtuką “*Patvirtinti*”. Šiuo atveju nereikės nurodyti matricos formato ir pačios matricos.



– šio mygtuko paspaudimu išsaugomi duomenys.



– šio mygtuko paspaudimu grįšite į pagrindinį modulio langą.

Gausite pranešimą apie sėkmingai išsaugotą informaciją arba klaidos pranešimą, jei dėl kokių nors priežasčių įrašymas nepavyko.

Transformacijų tipo koregavimas. Pasirinkite pagrindinio lango meniu punktą *Transformacijų tipas* → *Redaguoti tipą*.

Transformacijų tipo redagavimas

Transformacijų tipų sąrašas: Perkėlimas, Pasukimas, Mastelio pakeitimas, Atspindys apie x

Pasirinktas transformacijų tipas: Pasukimas

Transformacijų matricos šablono eilučių ir stulpelių skaičius

eilučių : 3

stulpelių : 3

x	x	0
x	x	0
0	0	1

Grįžti į pagrindinį langą

Atnaujinti

**28 pav.** Transformacijų tipo redagavimo langas

*Transformacijų tipų sąraše* pateikiami transformacijų tipai (pavadinimai). Pasirinkę koreguojamą tipą, jo pavadinimą matysite ir įvedimo lauke ”*Pasirinktas transformacijų tipas*”. Taip pat pateikiama užpildyta matrica bei nurodomas matricos eilučių ir stulpelių skaičius.

Redaguojant transformacijos tipą, galima pakeisti:

- transformacijų tipo pavadinimą;
- pačios matricos elementus.

Transformacijos tipo pavadinimas koreguojamas įvedimo lauke ”*Pasirinktas transformacijų tipas*”. Matricos elementai koreguojami matricoje.

Atnaujinti

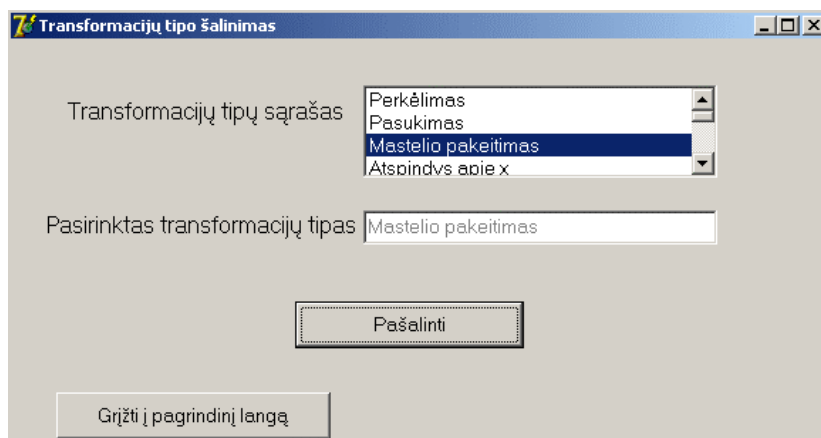
– šio mygtuko paspaudimu išsaugomi padaryti pakeitimai.

Grįžti į pagrindinį langą

– šio mygtuko paspaudimu grįšite į pagrindinį modulio langą.

Gausite pranešimą apie sėkmingai išsaugotą informaciją arba klaidos pranešimą, jei dėl kokių nors priežasčių įrašymas nepavyko.

Transformacijų tipo pašalinimas. Pasirinkite pagrindinio lango meniu punktą *Transformacijų tipas* → *Pašalinti tipą*.



**29 pav.** Transformacijų tipo šalinimo langas

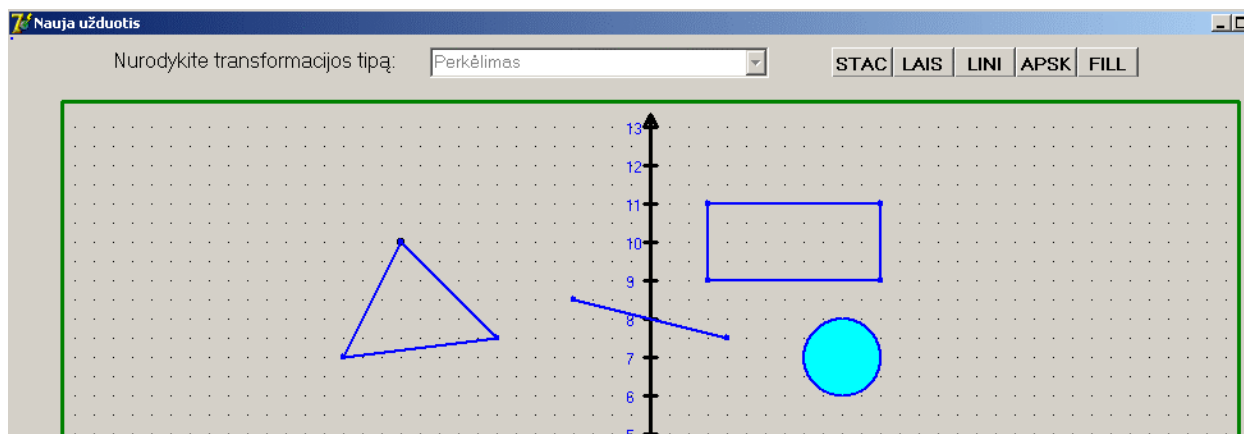
*Transformacijų tipų sąraše* pateikiami transformacijų tipai (pavadinimai). Pasirinkę koreguojamą tipą, jo pavadinimą matysite ir įvedimo lauke ”*Pasirinktas transformacijų tipas*”. Pasirinkto tipo pašalinimui paspausite mygtuką ”*Pašalinti*”. Gausite pranešimą apie sėkmingą įrašo pašalinimą arba klaidos pranešimą, jei dėl kokių nors priežasčių šalinimas nepavyko.

Grįžti į pagrindinį langą

– šio mygtuko paspaudimu grįšite į pagrindinį modulio langą.

Naujos užduoties kūrimas (plokštumoje). Pasirinkite pagrindinio lango meniu punktą *Užduotys* → *Sukurti naują užduotį*.

Pirmiausia reikia nurodyti transformacijos tipą, kurį pasirinksite iš *transformacijų tipų kombinuoto sąrašo*.



**30 pav.** Naujos užduoties kūrimo langas (prieš transformaciją)

Figūros bus braižomos dvimatėse stačiakampėse koordinatėse pelės spragtelėjimu norimame taške. Galima braižyti 4 rūšių figūras:

1. Stačiakampį. Spragtelėjus mygtuką **STAC**, reikia nurodyti du priešingus stačiakampio kampus. Galima nubraižyti iki 10 stačiakampių vienoje užduotyje.

2. Laisvąją figūrą. Spragtelėkite mygtuką **LAIS**. Šiuo atveju braižomas daugiakampis, kuris gali turėti iki 20 viršūnių. Jei taškas padedamas netinkamoje vietoje, braižymo metu galima naikinti jau nubraižytas figūros kraštines, spaudžiant klavišą ”*Escape*”.

Taip galima panaikinti nuo vienos kraštinės iki pat paskutiniosios (ir pradėti braižymą iš naujo). Figūra baigiama braižyti paspaudus “Enter”. Tada figūra uždaroama, t.y. jos paskutinis taškas sujungiamas su pirmuoju. Figūrų skaičius užduotyje priklauso nuo figūrų viršūnių skaičiaus.

3. Liniją. Spragtelėjus mygtuką **LINI**, reikia nurodyti du linijos galus. Galima nubraižyti iki 20 linijų vienoje užduotyje.

4. Apskritimą. Spragtelėkite mygtuką **APSK**. Reikės nurodyti figūros centrą bei apskritimo spindulį. Galima nubraižyti iki 30 apskritimų vienoje užduotyje.

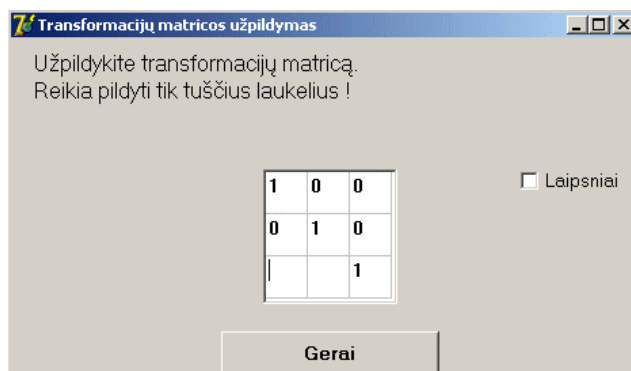
Nubraižyta figūra gali būti panaikinta, paspaudus klavišą “F1”. Bet tą galima atlikti tik paskutinei nubraižytai figūrai, kuomet ji pabaigiama braižyti.

Galima panaudoti figūrų spalvinimą. Spragtelėkite mygtuką **FILL** ir po to spragtelėkite pele vieną kartą to uždaro kontūro, kurį norite užpildyti spalva, viduje. Kontūras būtinai turi būti uždaras, kitaip bus nuspalvintas visas ekranas.

Vienoje užduotyje gali būti įvairus skaičius įvairių figūrų. Jos braižomos mėlyna spalva ir vadinamos *pradinėmis figūromis*.

**Nurodyti transformacijų matricą** – paspauskite, kai nubraižėte pradines figūras.

Atsivers transformacijų matricos užpildymo langas:



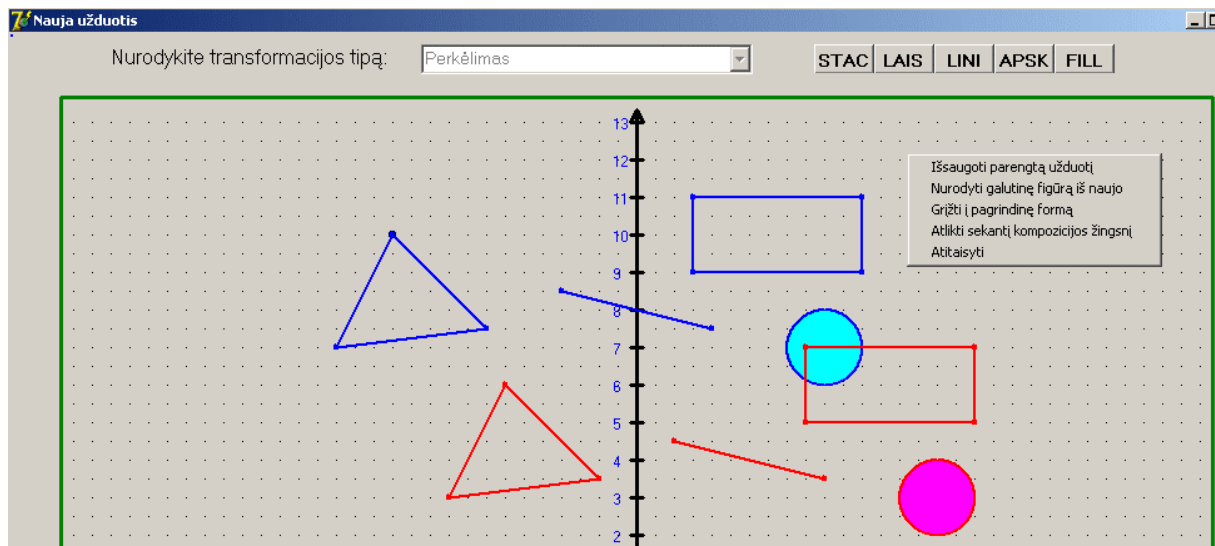
**31 pav.** Transformacijų matricos užpildymo langas

Matysite transformacijų matricos šabloną. Tuščias vietas reikia užpildyti norimais skaičiais. Jei naudojama ne pasukimo transformacija, tuomet reikia nurodyti sveikus arba realius skaičius (vieną skaitmenį po kablelio; tokiu atveju pageidautina, kad po kablelio būtų “5”, pvz., 1,5; -6,5 ir pan.). Jei naudojama pasukimo transformacija, tuomet reikia varnele pažymėti punktą  **Laipsniai** ir atsiradusiame tekstiniame lauke nurodyti pasukimo kampą (pvz., 90; 180; -270 ir pan.). Reikiamos reikšmės bus automatiškai įrašytos į reikiamus matricos elementus (pasukimo transformacijos atveju, realieji skaičiai nurodomi 2 skaitmenų po kablelio tikslumu).

Jei naudojama kompozicijų matrica, tuomet transformacijų matricos užpildymo lange pirmiausia reikės pasirinkti norimą transformacijos tipą iš kombinuoto sąrašo ir tada užpildyti matricą, kaip nurodoma aukščiau.

Nurodę matricos elementus, paspauskite mygtuką “*Gera!*” ir grįšite į naujos užduoties kūrimo langą.

Naujos užduoties kūrimo lange paspauskite mygtuką **Rodyti galutinę figūrą**. Bus parodytos pradinės ir galutinės figūros. *Galutinėmis* vadinamos pradinės figūros, kurioms yra pritaikyta transformacija (t.y. figūros po transformacijos). Jos vaizduojamos raudona spalva.



**32 pav.** Naujos užduoties kūrimo langas (po transformacijos)

Užduočiai išsaugoti iš kontekstinio meniu pasirinkite “*Išsaugoti parengtą užduotį*”. Gausite pranešimą apie sėkmingai išsaugotą informaciją arba klaidos pranešimą, jei dėl kokių nors priežasčių įrašymas nepavyko.

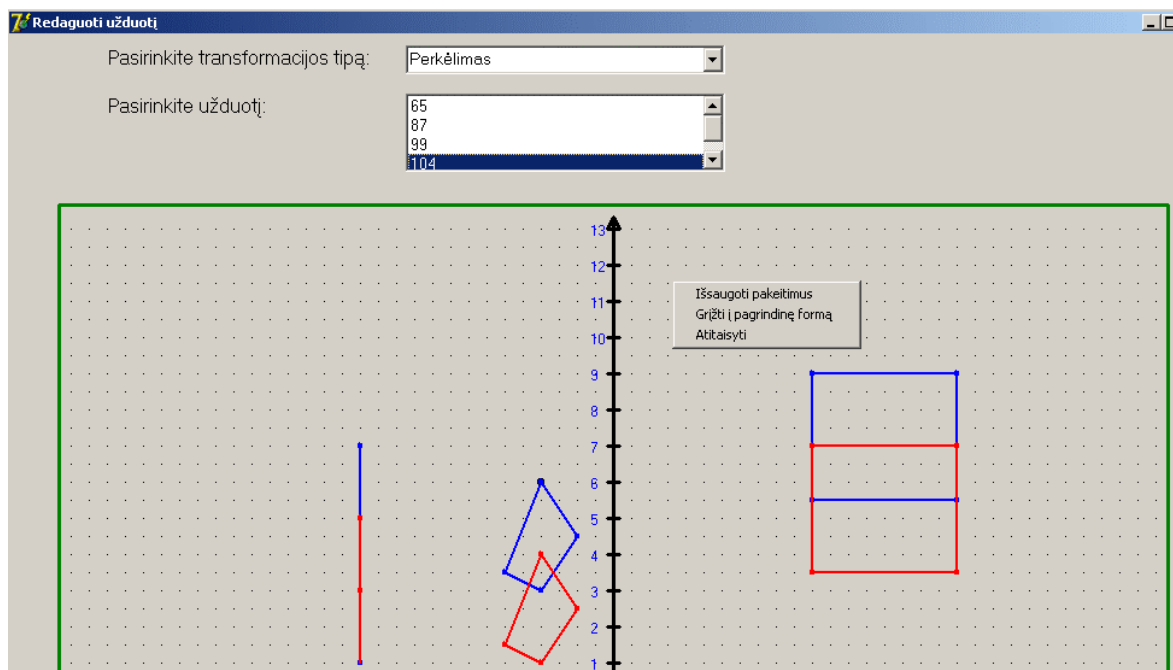
Jei transformacijos rezultatas netenkina, galima pakeisti transformacijos matricą. Iš kontekstinio meniu pasirinkite “*Nurodyti galutinę figūrą iš naujo*”. Tada paspauskite mygtuką “*Nurodyti transformacijų matricą*” ir iš naujo nurodykite transformacijų matricą.

Jei norite grįžti į pagrindinį modulio langą, iš kontekstinio meniu pasirinkite “*Grįžti į pagrindinę formą*”.

Naudojant figūros užpildymą spalva, galimi užspalvotos dalies figūros iškraipymai. Norint atstatyti normalų vaizdą, iš kontekstinio meniu pasirinkite “*Atitaisyti*”.

Jei norite atlikti sekantį kompozicijos žingsnį, iš kontekstinio meniu pasirinkite “*Atlikti sekantį kompozicijos žingsnį*”. Tada paspauskite mygtuką “*Nurodyti transformacijų matricą*” ir nurodysite sekančią transformaciją bei jos matricą. Taip kartokite tol, kol gausite norimą transformacijų kompozicijos rezultatą.

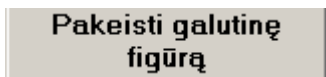
Užduoties redagavimas (plokštumoje). Pasirinkite pagrindinio lango meniu punktą *Užduotys* → *Redaguoti užduotį*.



**33 pav.** Užduoties redagavimo langas

Iš kombinuoto sąrašo pasirinkite norimą transformacijos tipą. *Užduoties pasirinkimo sąrašė* pamatysite visas pasirinkto transformacijos tipo užduotis (jų identifikacinius numerius). Pasirinkus kurią nors užduotį, bus atvaizduotos užduoties figūros.

Užduoties redagavime galima pakeisti tik galutinę figūrą, t.y. pakeisti transformacijų matricą. Galima koreguoti visų tipų, išskyrus transformacijų kompozicijos, užduotis.



– šio mygtuko paspaudimu galima pakeisti galutinę figūrą.

Atsivers transformacijų matricos užpildymo langas (žr. 31 pav.), kuriame galėsite koreguoti transformacijų matricą. Paspaudus mygtuką “*Gerai*”, sugrįšite į užduoties redagavimo langą ir pamatysite galutinės figūros pakeitimus.

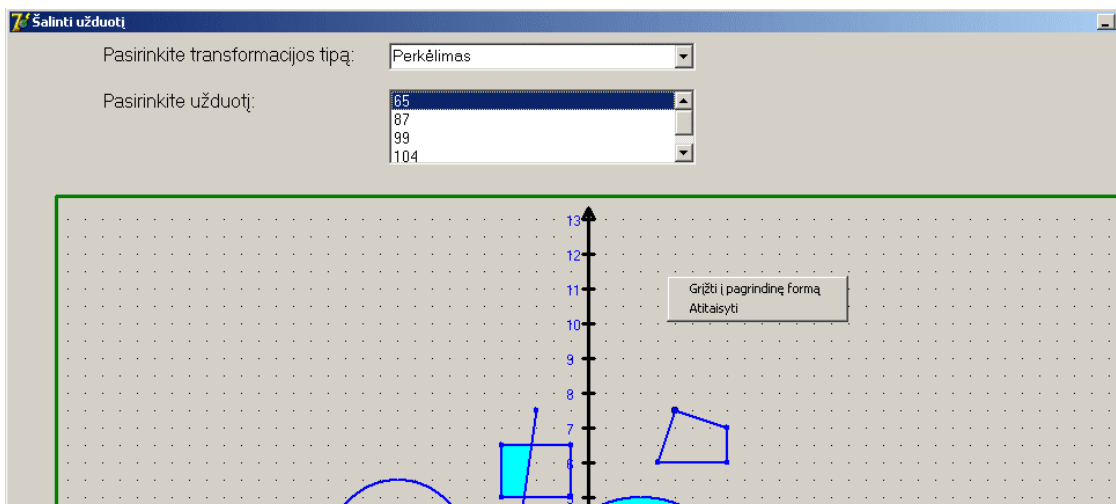
Pakeitimams išsaugoti iš kontekstinio meniu pasirinkite “*Išsaugoti pakeitimus*”. Gausite pranešimą apie sėkmingai išsaugotą informaciją arba klaidos pranešimą, jei dėl kokių nors priežasčių įrašymas nepavyko.

Jei norite grįžti į pagrindinį modulio langą, iš kontekstinio meniu pasirinkite “*Grįžti į pagrindinę formą*”.

Naudojant figūros užpildymą spalva, galimi užspalvotos dalies figūros iškraipymai. Norint atstatyti normalų vaizdą, iš kontekstinio meniu pasirinkite “*Atitaisyti*”.

Užduoties pašalinimas (plokštumoje). Pasirinkite pagrindinio lango meniu punktą *Užduotys* → *Pašalinti užduotį*.





34 pav. Užduoties šalinimo langas

Iš kombinuoto sąrašo pasirinkite norimą transformacijos tipą. *Užduoties pasirinkimo sąrašė* pamatysite visas pasirinkto transformacijos tipo užduotis (jų identifikacinius numerius). Pasirinkus kurią nors užduotį, bus atvaizduotos užduoties figūros.



– šio mygtuko paspaudimu pašalinama užduotis.

Jei norite grįžti į pagrindinį modulio langą, iš kontekstinio meniu pasirinkite “*Grįžti į pagrindinę formą*”.

Naudojant figūros užpildymą spalva, galimi užspalvotos dalies figūros iškraipymai. Norint atstatyti normalų vaizdą, iš kontekstinio meniu pasirinkite “*Atitaisyti*”.

Naujos užduoties kūrimas (trimatėje erdvėje). Pasirinkite pagrindinio lango meniu punktą *Užduotys* → *Sukurti naują užduotį 3D*.



35 pav. Naujos užduoties trimatėje erdvėje kūrimo langas

Pirmiausia reikia nurodyti transformacijos tipą, kurį pasirinksite iš *transformacijų tipų kombinuoto sąrašo*. Negalima atlikti tik transformacijų kompozicijos.

Pasirinkite, kurią iš 4 figūrų norite braižyti. Tai padarius atsivėrusiame plokštumos pasirinkimo lange reikia nurodyti, kurioje plokštumoje (XY, XZ ar YZ) bus jūsų braižomos figūros pagrindas.

Figūros pagrindas bus braižomas dvimatėse stačiakampėse koordinatėse (naujame pagalbiniame lange) pelės spragtelėjimu norimame taške. Galima braižyti 4 rūšių figūras:

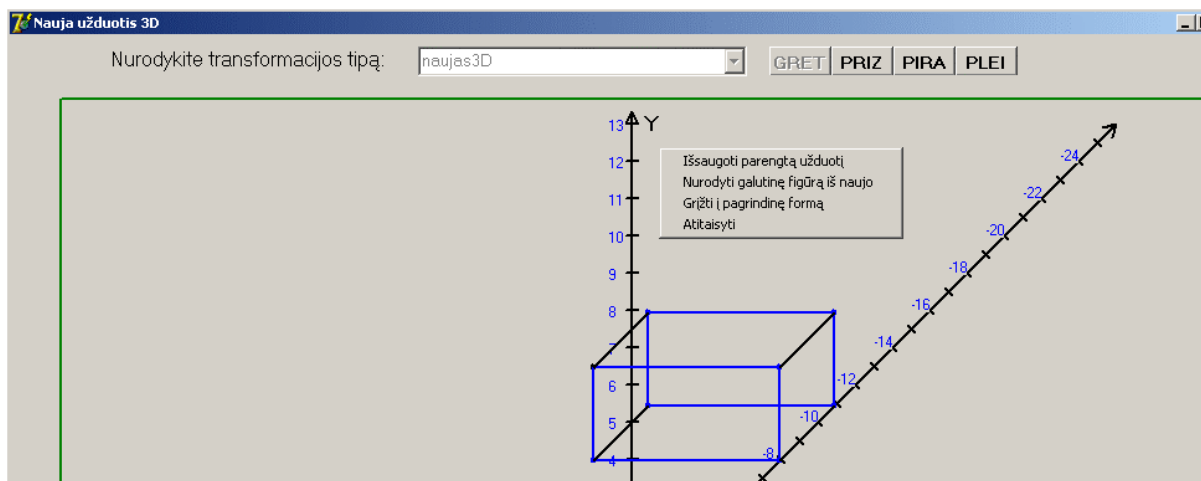
1. Stačiakampį gretasienį. Jei spragtelėjote mygtuką **GRET**, pirmiausia jums reikės nurodyti du priešingus stačiakampio gretasienio pagrindo kampus. Apačioje paspauskite mygtuką **Toliau** ir nurodykite figūros aukštį bei pagrindui statmenos plokštumos koordinatę.

2. Prizmę. Jei spragtelėjote mygtuką **PRIZ**, pirmiausia reikės nubraižyti prizmės pagrindą. Braižomas daugiakampis, kuris gali turėti iki 10 viršūnių. Jei taškas padedamas netinkamoje vietoje, braižymo metu galima naikinti jau nubraižytas figūros kraštines, spaudžiant klavišą “Escape”. Taip galima panaikinti nuo vienos kraštinės iki pat paskutiniosios (ir pradėti braižymą iš naujo). Figūra baigiama braižyti paspaudus “Enter”. Tada figūra uždaroama, t.y. jos paskutinis taškas sujungiamas su pirmuoju. Apačioje paspauskite mygtuką **Toliau** ir nurodykite figūros aukštį bei pagrindui statmenos plokštumos koordinatę.

3. Keturkampę piramidę. Jei spragtelėjote mygtuką **PIRA**, pirmiausia reikės nurodyti du priešingus keturkampės piramidės pagrindo kampus. Apačioje paspauskite mygtuką **Toliau** ir nurodykite figūros aukštį bei pagrindui statmenos plokštumos koordinatę.

4. Pleišta. Jei spragtelėjote mygtuką **PLEI**, pirmiausia reikės nurodyti du priešingus pleišto pagrindo kampus. Apačioje paspauskite mygtuką **Toliau** ir nurodykite figūros aukštį bei pagrindui statmenos plokštumos koordinatę.

Nubraižius figūros pagrindą ir nurodžius reikiamus duomenis, figūra atvaizduojama trimatėje stačiakampėje koordinatėse.



**36 pav.** Naujos užduoties trimatėje erdvėje kūrimo langas (nubraižius figūrą)

Vienai užduočiai galima nubraižyti tik po 1 kiekvieno tipo figūrą (jų pagrindai gali būti skirtingose plokštumose). Pradinės figūros vaizduojamos mėlyna spalva (tik skirtingas plokštumas jungia juodos linijos).

Tada paspauskite mygtuką **Nurodyti transformacijų matricą**.

Atsivėrusiame transformacijų matricos užpildymo lange (žr. 31 pav.) matysite transformacijų matricos šabloną, kurios tuščias vietas reikia užpildyti norimais skaičiais. Visa ką atlikite kaip nurodyta Naujos užduoties kūrimas (plokštumoje).

Grįžę į naujos užduoties kūrimo trimatėje erdvėje langą, paspauskite mygtuką **Rodyti galutinę figūrą**. Bus parodytos pradinės ir galutinės figūros. Galutinės figūros bus vaizduojamos raudona spalva (tik skirtingas plokštumas jungia juodos linijos).

Užduočiai išsaugoti iš kontekstinio meniu pasirinkite *“Išsaugoti parengtą užduotį”*. Gausite pranešimą apie sėkmingai išsaugotą informaciją arba klaidos pranešimą, jei dėl kokių nors priežasčių įrašymas nepavyko.

Jei transformacijos rezultatas netenkina, galima pakeisti transformacijos matricą. Iš kontekstinio meniu pasirinkite *“Nurodyti galutinę figūrą iš naujo”*. Tada paspauskite mygtuką *“Nurodyti transformacijų matricą”* ir iš naujo nurodykite transformacijų matricą.

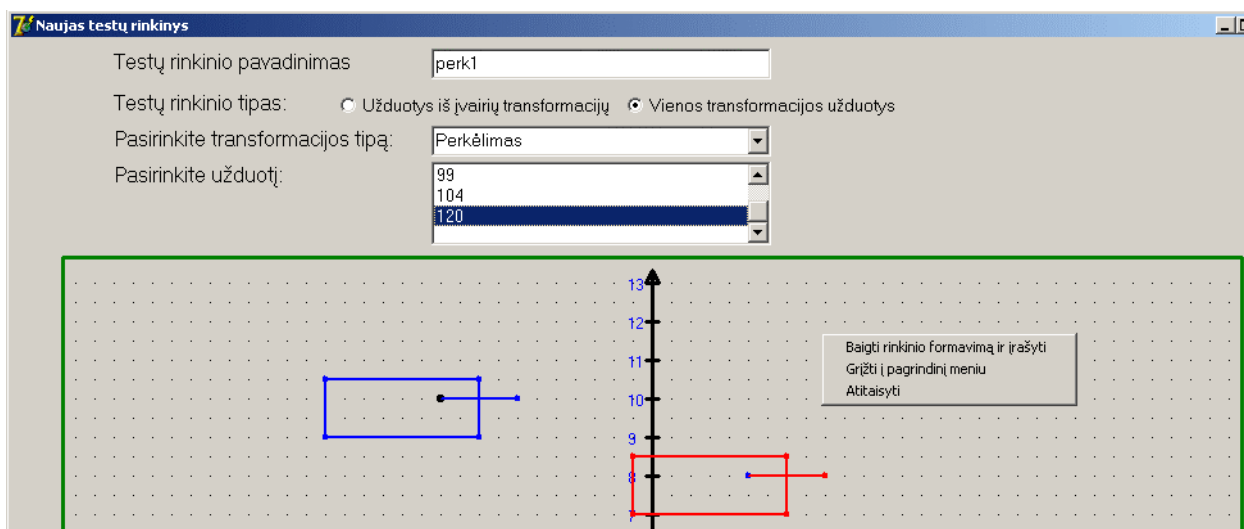
Jei norite grįžti į pagrindinį modulio langą, iš kontekstinio meniu pasirinkite *“Grįžti į pagrindinę formą”*.

Gali atsirasti tam tikrų vaizdavimo iškraipymų, todėl norėdami atstatyti normalų vaizdą iš kontekstinio meniu pasirinkite *“Atitaisyti”*.

Užduoties redagavimas (trimatėje erdvėje). Pasirinkite pagrindinio lango meniu punktą *Užduotys*→*Redaguoti užduotį 3D*. Veiksmai analogiškai “Užduoties redagavimas (plokštumoje)” aprašytiems veiksams.

Užduoties pašalinimas (trimatėje erdvėje). Pasirinkite pagrindinio lango meniu punktą *Užduotys*→*Pašalinti užduotį 3D*. Veiksmai analogiškai “Užduoties pašalinimas (plokštumoje)” aprašytiems veiksams.

Naujo testų rinkinio sudarymas (plokštumoje). Pasirinkite pagrindinio lango meniu punktą *Testų rinkiniai*→*Formuoti naują rinkinį*.



**37 pav.** Naujo testų rinkinio formavimo langas

Įvedimo lauke *“Testų rinkinio pavadinimas”* nurodykite formuojamo rinkinio pavadinimą. Jei pamiršite jį nurodyti, įrašymo metu sistema praneš apie tai kaip apie klaidą.

Žemiau reikia pasirinkti testų rinkinio tipą:

- Užduotys iš įvairių transformacijų – jei rinkinyje bus užduočių iš įvairių transformacijų tipų.
- Vienos transformacijos užduotys – jei rinkinyje bus vieno transformacijų tipo užduotys.

Iš kombinuoto sąrašo pasirinkite norimą transformacijos tipą. *Užduoties pasirinkimo sąraše* pamatysite visas pasirinkto transformacijos tipo užduotis (jų identifikacinius numerius). Pasirinkus kurią nors užduotį, bus atvaizduotos užduoties figūros.

Suradę norimą užduotį, įvedimo lauke **Užduoties įvertinimas balais:**  nurodysite, koks bus šios užduoties įvertinimas rinkinyje. Paspaudus mygtuką **Įtraukti užduotį į rinkinį**, ši užduotis bus įtraukta į formuojamą rinkinį. Tokiu pat būdu į rinkinį įtraukiamos ir kitos užduotys, kiek tik reikia. Užduočių skaičius rinkinyje neribojamas.

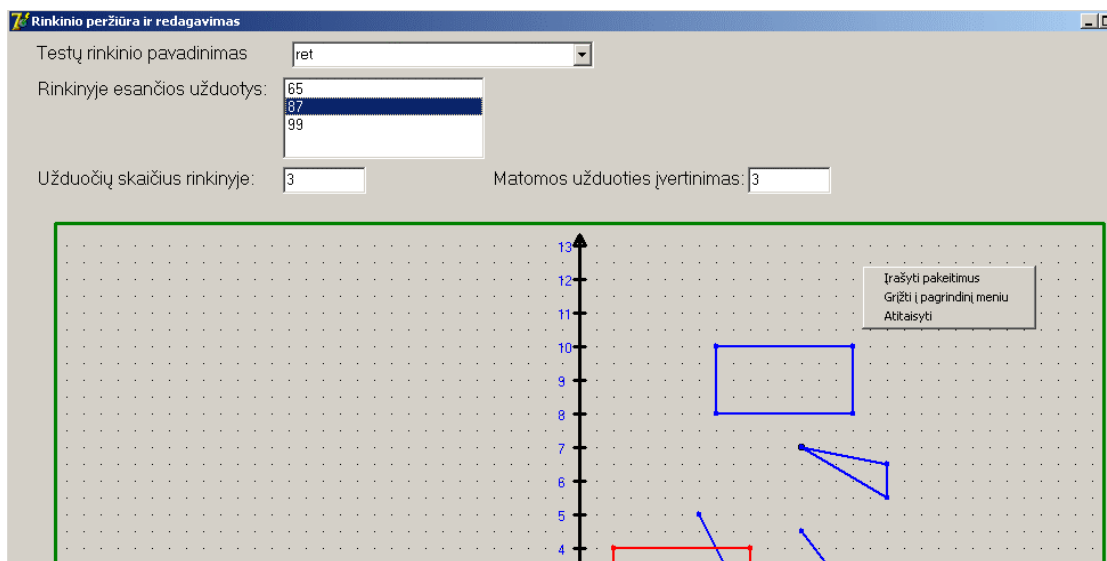
Jei rinkinio formavimo metu norite peržiūrėti rinkinį, paspauskite mygtuką **Peržiūrėti rinkinį**. Lange “Rinkinio peržiūra ir redagavimas” galėsite redaguoti rinkinį (apie tai plačiau žr. Testų rinkinio redagavimas). Grįžti į rinkinio formavimo langą iš šio lango galima kontekstiniame meniu pasirinkus punktą “*Grįžti į rinkinio formavimą*”.

Jei norite išsaugoti rinkinį, iš kontekstinio meniu pasirinkite “*Baigti rinkinio formavimą ir įrašyti*”. Gausite pranešimą apie sėkmingai išsaugotą informaciją arba klaidos pranešimą, jei dėl kokių nors priežasčių įrašymas nepavyko.

Jei norite grįžti į pagrindinį modulio langą, iš kontekstinio meniu pasirinkite “*Grįžti į pagrindinę formą*”.

Naudojant figūros užpildymą spalva, galimi užspalvotos dalies figūros iškraipymai. Norint atstatyti normalų vaizdą, iš kontekstinio meniu pasirinkite “*Atitaisyti*”.

Testų rinkinio redagavimas (plokštumoje). Pasirinkite pagrindinio lango meniu punktą *Testų rinkiniai*→ *Redaguoti rinkinį*.



38 pav. Testų rinkinio redagavimo langas

Iš kombinuoto sąrašo pasirinkite norimą testų rinkinio pavadinimą. *Užduoties pasirinkimo sąrašė* pamatysite visas pasirinkto transformacijos tipo užduotis (jų identifikacinius numerius). Pasirinkus kurią nors užduotį, bus atvaizduotos užduoties figūros.

Įvedimo lauke “*Užduočių skaičius rinkinyje*” bus nurodyta, kiek užduočių sudaro rinkinį. Įvedimo lauke “*Matomos užduoties įvertinimas*” bus nurodytas konkrečios užduoties įvertinimas.

**Pašalinti užduotį iš rinkinio**

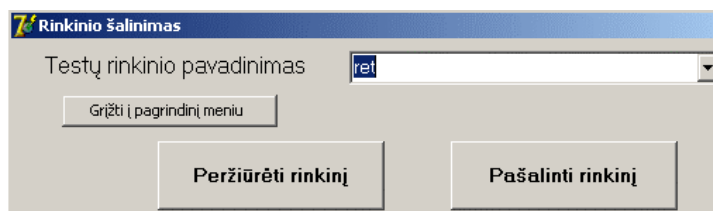
– užduoties pašalinimas iš testų rinkinio.

Norėdami išsaugoti pakeistą rinkinį, iš kontekstinio meniu pasirinkite “*Išsaugoti pakeitimus*”. Gausite pranešimą apie sėkmingai išsaugotą informaciją arba klaidos pranešimą, jei dėl kokių nors priežasčių įrašymas nepavyko.

Jei norite grįžti į pagrindinį modulio langą, iš kontekstinio meniu pasirinkite “*Grįžti į pagrindinę formą*”.

Naudojant figūros užpildymą spalva, galimi užspalvotos dalies figūros iškraipymai. Norint atstatyti normalų vaizdą, iš kontekstinio meniu pasirinkite “*Atitaisyti*”.

Testų rinkinio pašalinimas (plokštumoje). Pasirinkite pagrindinio lango meniu punktą *Testų rinkiniai*→*Pašalinti rinkinį*.



**39 pav.** Testų rinkinio šalinimo langas

Iš kombinuoto sąrašo pasirinkite norimą testų rinkinio pavadinimą. Jei prieš pašalindami rinkinį norite jį peržiūrėti, paspauskite mygtuką “*Peržiūrėti rinkinį*” (žr. Testų rinkinio redagavimas).

Jei norite pašalinti testų rinkinį, paspauskite mygtuką “*Pašalinti rinkinį*”.

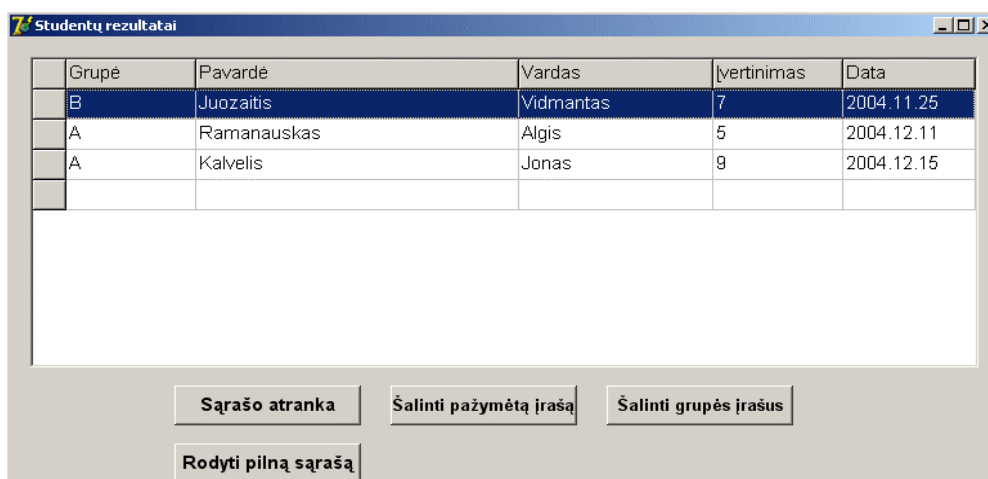
Jei norite grįžti į pagrindinį modulio langą, iš kontekstinio meniu pasirinkite “*Grįžti į pagrindinę formą*”.

Naujo testų rinkinio sudarymas (trimatėje erdvėje). Pasirinkite pagrindinio lango meniu punktą *Testų rinkiniai*→*Formuoti naują rinkinį 3D*. Veiksmai analogiški “Naujo testų rinkinio sudarymas (plokštumoje)” aprašytiems veiksams.

Testų rinkinio redagavimas (trimatėje erdvėje). Pasirinkite pagrindinio lango meniu punktą *Testų rinkiniai*→*Redaguoti rinkinį 3D*. Veiksmai analogiški “Testų rinkinio redagavimas (plokštumoje)” aprašytiems veiksams.

Testų rinkinio pašalinimas (trimatėje erdvėje). Pasirinkite pagrindinio lango meniu punktą *Testų rinkiniai* → *Pašalinti rinkinį 3D*. Veiksmai analogiški “Testų rinkinio pašalinimas (plokštumoje)” aprašytiems veiksams.

Rezultatų peržiūra. Pasirinkite pagrindinio lango meniu punktą *Rezultatai* → *Gauti studentų sąrašą*. Lango “*Studentų rezultatai*” pateikiamas visas studentų ir jų įvertinimų sąrašas. Sąrašą sudaro 5 stulpeliai: grupė (studento akademinė grupė), pavardė, vardas, įvertinimas, data (kada buvo laikytas testas).



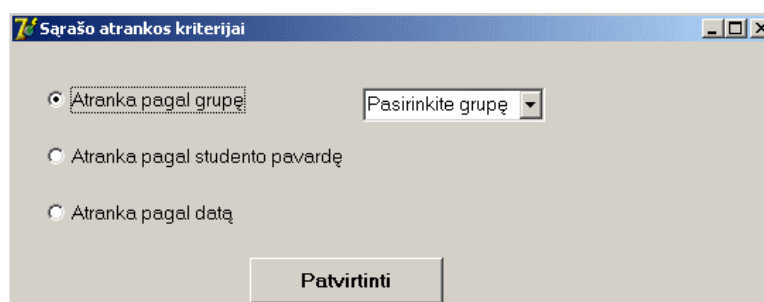
Grupė	Pavardė	Vardas	Įvertinimas	Data
B	Juozaitis	Vidmantas	7	2004.11.25
A	Ramanauskas	Algis	5	2004.12.11
A	Kalvelis	Jonas	9	2004.12.15

Buttons: Sąrašo atranka, Šalinti pažymėtą įrašą, Šalinti grupės įrašus, Rodyti pilną sąrašą

**40 pav.** Studentų įvertinimų sąrašo langas

Paspaudus mygtuką “*Sąrašo atranka*”, sąrašą galima atrinkti pagal 3 kriterijus (žr. 41 pav.):

- pagal akademinę grupę, kurią pasirinksite iš kombinuoto sąrašo;
- pagal studento pavardę, kurią nurodysite įvedimo lauke;
- pagal testo datą, kurią nurodysite įvedimo lauke.



Dialog box: Sąrašo atrankos kriterijai

Atranka pagal grupę (Pasirinkite grupę)

Atranka pagal studento pavardę

Atranka pagal datą

Patvirtinti

**41 pav.** Sąrašo atrankos kriterijų langas

Nurodę norimą kriterijų, paspauskite mygtuką “*Patvirtinti*”. Jei atranka sėkminga, sąraše pateikiami atrinkti pagal nurodytą kriterijų įrašai. Jei atranka nesėkminga, pateikiamas tuščias sąrašas.

Paspaudus mygtuką “*Rodyti pilną sąrašą*” (žr. 40 pav.), grįžtama prie pilno studentų įvertinimo sąrašo. Tiek pilname sąraše, tiek atrinktame sąraše galima pašalinti įrašus. Tam sąraše pažymime konkretų įrašą ir spaudžiame “*Šalinti pažymėtą įrašą*” (žr. 40 pav.).

Pilną ar atrinktą sąrašą galima atspausdinti. Tam paspauskite piktogramą.

Sugrįžus į pilną sąrašą, galima pašalinti ir visos akademinės grupės rezultatus. Paspauskite “Šalinti grupės įrašus” (žr. 40 pav.), pagalbiniame lange kombinuotame sąraše pasirinkite grupę ir paspauskite mygtuką **Pašalinti**.

Jei norite grįžti į pagrindinį modulio langą, iš kontekstinio meniu pasirinkite “Grįžti į pagrindinę formą”.

### “Geometrinės transformacijos – Testavimas” modulis

“Testo pasirinkimas” lange (42 pav.) pirmiausia reikia nurodyti testų rinkinio tipą:

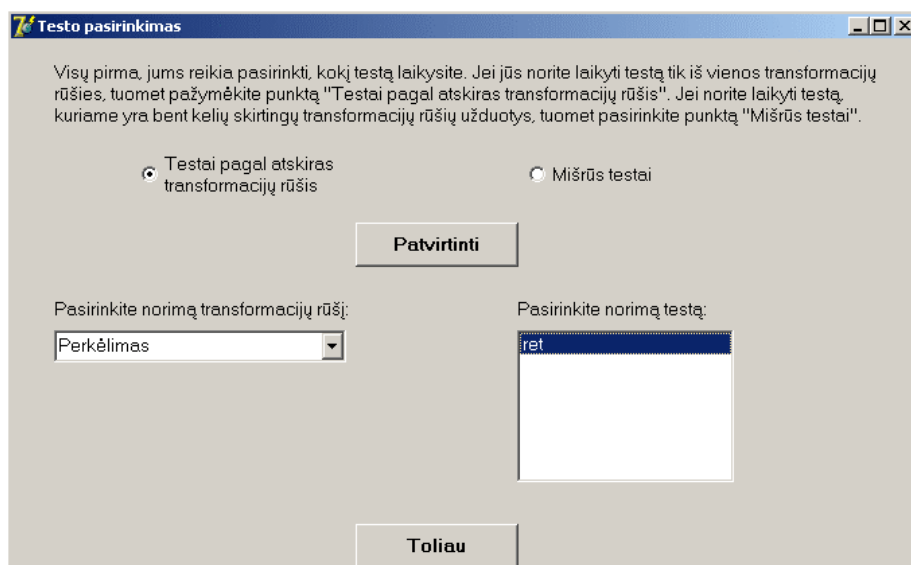
- Testai pagal atskiras transformacijų rūšis – testas sudarytas iš vieno tam tikro transformacijų tipo užduočių.
- Mišrūs testai – testas sudarytas iš įvairių transformacijų tipų užduočių.

Paspauskite mygtuką “Patvirtinti”.

Jei pasirinkote, kad laikysite testą iš vieno tam tikro transformacijų tipo užduočių, tuomet kombinuotame sąraše (žemiau) pasirinkite norimą transformacijų tipą. Dešinėje esančiame sąraše matysite išvardintus to transformacijų tipo testų rinkinių pavadinimus.

Jei laikote mišrų testą, iš karto bus pateiktas mišrių testų rinkinių pavadinimų sąrašas.

Pasirinkite sąraše testų rinkinį ir paspauskite “Toliau”.



42 pav. Testo pasirinkimo langas

Lange “Paaiškinimai” jums bus pateiktos tolesnės instrukcijos. Mygtuko

**Laikyti testą**

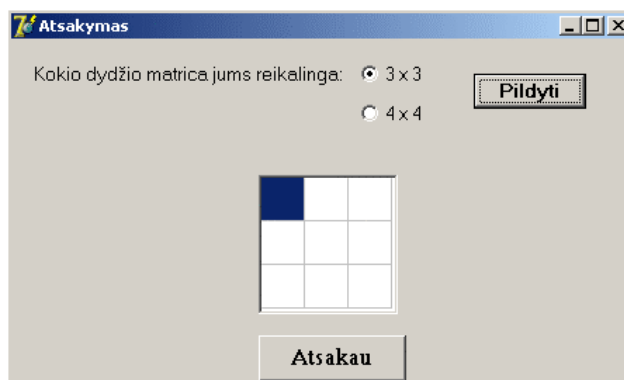
paspaudimu pradedamas testo laikymas.

Lange “Testas” pateikiami duomenys: užduočių, sudarančių testą, skaičius, užduoties eilės numeris, pradinės ir galutinės figūros (mėlyna ir raudona spalva). Atsakymo pateikimo forma – transformacijų matrica, kuri transformuos figūras iš pradinės padėties į galutinę.

Naudojant figūros užpildymą spalva, galimi užspalvotos dalies figūros iškraipymai. Norint atstatyti normalų vaizdą, iš kontekstinio meniu pasirinkite “Atitaisyti”.

Atsakymui nurodyti paspauskite mygtuką **ATSAKYMAS**.

Atsivėrusiame lange (43 pav.) pasirinkite matricos formatą ir paspauskite mygtuką “Pildyti”. Jums reikės užpildyti tuščią matricą. Matricos elementai – sveikieji bei realieji skaičiai (iki 2 skaitmenų po kablelio tikslumu). Užpildę matricą, paspauskite “Atsakau”.



43 pav. Atsakymo įvedimo langas

Sistemą įvertins atsakymą ir:

- teisingo atsakymo atveju gausite pranešimą “Užduotis atlikta teisingai”;
- neteisingo atsakymo atveju gausite pranešimą “Užduotis atlikta neteisingai”.

Ekране matysite ne tik pradines ir galutines figūras, bet ir žalia spalva pavaizduotas figūras, nubraižytas pagal jūsų įvestą matricą. Jei pateiksite teisingą atsakymą, tuomet žalios ir raudonos (galutinės) figūros sutaps ir uždengs vienos kitas, priešingu atveju – ne.

Apačioje paspauskite mygtuką **Sekanti užduotis** ir atlikite sekančią užduotį. Kai atliksite visas užduotis, paspaudę mygtuką **Sekanti užduotis** pamatysite galutinį įvertinimą ir statistiką (užduočių skaičių, teisingų bei neteisingų atsakymų skaičių). Paspauskite **Toliau**.

Sekančiame lange (44 pav.) nurodykite savo vardą, pavardę ir akademinę grupę bei paspauskite mygtuką “Siųsti duomenis”. Gausite pranešimą apie sėkmingai nusiųstus duomenis arba klaidos pranešimą, jei dėl kokių nors priežasčių siuntimas nepavyko.

44 pav. Testuojamojo asmeninių duomenų įvedimo langas

Paskutiniame lange “Pabaiga” mygtuko **Baigti** paspaudimu darbo seansas baigiamas.



#### 4.4. SISTEMOS ADMINISTRATORIAUS VADOVAS

Plokštumos ir trimatės erdvės geometrinių transformacijų testavimo sistemai (Administraciniam ir Testavimo moduliams) papildomai reikalinga:

- Internetas (prisijungimui prie duomenų bazės);
- MySQL ODBC tvarkyklė (v. 3.51), leidžianti prisijungti prie MySQL duomenų bazės.

MySQL ODBC tvarkyklės instaliavimas ir naujo duomenų šaltinio konfigūravimas aprašyti sistemos instaliavimo dokumente.

Ši sistema su kitomis sistemomis nebendruoja.

Prie plokštumos ir trimatės erdvės geometrinių transformacijų testavimo sistemos taip reikalinga techninė įranga:

- Spausdintuvas – studentų rezultatų suvestinės spausdinimui.

Spausdintuvas (lokalus arba tinklinis) turi būti teisingai įdiegtas testuotojo kompiuteryje.

## 5. SISTEMOS TESTAVIMAS

Programos klaidų bei defektų suradimui ir ištaisymui buvo atliekamas sistemos testavimas. Naudojamas ir statinis (automatizuota statinė analizė), ir dinaminis tikrinimas (programinės įrangos testavimas).

*Automatizuotos statinės analizės* metu atliktas išeities kodo teisingumo tikrinimas. Tai atliko Delphi kompiliatorius. Suradęs klaidingas programos išeities kodo vietas, kompiliatorius nurodydavo klaidingos kodo vietos eilutės numerį, vidinį programos modulį, klaidos aprašymą. Toks išeities kodo testavimo būdas buvo tęsiamas tol, kol kompiliatorius neberado nė vienos sintaksės ar kito tipo klaidos. Statinės analizės metu surastos klaidos buvo ištaisytos.

Tikrinimo fazėje buvo vykdomas *komponentų testavimas*. Testavimas atliktas “juodos dėžės” principu, testavimo atvejai sudaryti remiantis sistemos specifikacija.

Testavimo metu buvo tikrinama, kaip veikia abiejų programos modulių formų komponentai: pačios formos; reakcijos į įvykius (formos aktyvavimą, pelės klavišo paspaudimą, klaviatūros klavišo paspaudimą ir kt.); pagrindinis meniu; kontekstiniai meniu; reakcija į komandinių mygtukų paspaudimus; įvedimo laukų užpildymas; sąrašo (angl. *Listbox*) užpildymas; išskleidžiamojo sąrašo (angl. *Combobox*) užpildymas; reakcija į jungiklių (angl. *Checkbox*) pasirinkimą; reakcija į perjungiklių (angl. *Radio button*) pasirinkimą. Nustatyta, kad daugiau nei 90% visų elementų veikia korektiškai. Surastos klaidos: aktyvuojant ar deaktyvuojant formą atliekami ne visi reikalingi veiksmai. Surastos klaidos buvo pašalintos ir tai užtikrino visų formų elementų korektišką veikimą.

Sukūrus naują įrašą (sėkmingai arba ne), atnaujinus įrašą po redagavimo (sėkmingai arba ne), pašalinus įrašą (sėkmingai arba ne), sistema visada pateikdavo atitinkamus pranešimus apie sėkmingai atliktą operaciją (arba klaidą nesėkmės atveju). Taip pat papildomų pranešimų pagalba sistema neleido įrašyti tuščių laukų arba netinkamo formato duomenų į duomenų bazę, palikti neužpildytų laukų (kuriuos užpildyti būtina).

Naujo transformacijų tipo kūrime buvo sukurtos 25 naujos transformacijos. Pasirinkus matricos formatą, visais atvejais buvo paruošiama reikiamo formato tuščia matrica. Šio testo testinių atvejų įvedimo reikšmės pateiktos 1 priedo 1 lentelėje. Duomenų bazės lentelėje “Tgr” suformuoti įrašai pateikti 1 priedo 2 lentelėje. Duomenų bazės įrašai buvo palyginti su testinių atvejų išvedimo reikšmėmis. Visi įrašai suformuoti teisingai (teisingo įrašymo rodiklis – 100 %).

Transformacijų tipo redagavime buvo redaguojamos 25 transformacijos. Visais 25 atvejais matricų atkūrimas iš duomenų bazės įrašų buvo teisingas. Šio testo testinių atvejų įvedimo reikšmės pateiktos 1 priedo 3 lentelėje. Duomenų bazės lentelėje “Tgr” pakeisti įrašai pateikti 1 priedo 4 lentelėje. Duomenų bazės įrašai buvo palyginti su testinių atvejų išvedimo

reikšmėmis. 21 įrašas buvo suformuotas teisingai, 4 - neteisingai (teisingo įrašymo rodiklis – 84 %). Neteisingų įrašų formavimas pakoreguotas.

Naujos užduoties kūrime buvo sudaryta 30 užduočių (iš jų 5 – transformacijų kompozicijos matricoms). 25 ne transformacijų kompozicijos užduotyse buvo nubraižyta 80 figūrų: 20 stačiakampių, 20 laisvųjų figūrų, 20 linijų, 20 apskritimų ir 20 kartų panaudotas spalvojimas. Įsitikinta, kad visos figūros buvo braižomos ir atvaizduojamos teisingai. Klaidų pasitaikė naudojant figūros užpildymą spalva, jos ištaisytos. Laisvos figūros taškų naikinimas bei paskutinės nubraižytos figūros naikinimas veikia korektiškai.

Naujos užduoties kūrimo testo testinių atvejų įvedimo reikšmės pateiktos 1 priedo 5 lentelėje. Suformuoti įrašai duomenų bazės lentelėje “Uzd” buvo palyginti su testinių atvejų išvedimo reikšmėmis. Visi įrašai suformuoti teisingai (teisingo įrašymo rodiklis – 100 %).

Figūros transformuotos teisingai. Buvo palyginti duomenų bazėje esančių užduočių galutinių figūrų įrašai su testinių atvejų išvedimo reikšmėmis. Visi įrašai suformuoti teisingai.

5 transformacijų kompozicijos užduočių testinių atvejų įvedimo reikšmės pateiktos 1 priedo 6 lentelėje. Testavimas parodė, kad matricos sudauginamos teisingai (įrašai duomenų bazės lentelėje “Uzd” buvo palyginti su testinių atvejų išvedimo reikšmėmis).

Surastos ir pakoreguotos klaidos: ištaisytos klaidos, užpildant figūrą spalva, pataisytas matricos elementų duomenų formatas.

Užduoties redagavime buvo redaguojama 17 užduočių (redagavimas negalimas atspindžių bei transformacijų kompozicijos atvejais). Visais 17 atvejų užduočių atkūrimas iš duomenų bazės įrašų buvo teisingas. Redaguojant užduotis, keičiamos tik transformacijų matricos (toku būdu keičiamos galutinės figūros). Šio testo testinių atvejų įvedimo reikšmės pateiktos 1 priedo 7 lentelėje. Duomenų bazės lentelės “Uzd” pakeisti įrašai buvo palyginti su testinių atvejų išvedimo reikšmėmis. Visi įrašai pakeisti teisingai (teisingo įrašymo rodiklis – 100 %).

Surastos ir pakoreguotos klaidos: pataisytas matricos elementų duomenų formatas.

Naujo testų rinkinio sudaryme buvo sukurti 25 nauji testų rinkiniai. Šio testo testinių atvejų įvedimo reikšmės pateiktos 1 priedo 8 lentelėje. Duomenų bazės lentelėje “Trink” suformuoti įrašai pateikti 1 priedo 9 lentelėje. Duomenų bazės įrašai buvo palyginti su testinių atvejų išvedimo reikšmėmis. Visi įrašai suformuoti teisingai (teisingo įrašymo rodiklis – 100 %).

Testų rinkinio redagavime buvo redaguojami 25 testų rinkiniai. Visais atvejais testų rinkinių atkūrimas iš duomenų bazės įrašų buvo teisingas. Redaguojant testų rinkinius, buvo pridamos naujos užduotys, šalinamos nereikalingos, keičiami užduočių įvertinimai. Šio testo testinių atvejų įvedimo reikšmės pateiktos 1 priedo 10 lentelėje. Duomenų bazės lentelėje “Trink” pakeisti įrašai pateikti 1 priedo 11 lentelėje. Duomenų bazės įrašai buvo palyginti su

testinių atvejų išvedimo reikšmėmis. Visi įrašai suformuoti teisingai (teisingo įrašymo rodiklis – 100 %).

Sėkmingai buvo atliktas ir transformacijų tipų, užduočių bei testų rinkinių pašalinimas.

Studentų rezultatų suvestinė pateikiama korektiškai, teisingai vykdoma jos atranka pagal 3 kriterijus bei sėkmingai atliekamas nereikalingų įrašų pašalinimas.

Surastos klaidos: pašalinus pirmąjį sąrašo įrašą, netvarkingai rodomas likęs sąrašas.

Testavimo modulis. 25 kartus buvo laikomi testai, kurių metu buvo sprendžiamos 8 skirtingų testų rinkinių užduotys. Visais atvejais testų rinkiniai iš duomenų bazės įrašų buvo atkurti sėkmingai, teisingai rodomi testų rinkinio elementai (pačios užduotys, užduočių skaičius, sprendžiamos užduoties numeris ir kt.). Visais atvejais pateikto atsakymo teisingumą sistemą įvertindavo teisingai ir pranešimo pagalba pranešdavo, ar užduotis atlikta teisingai, ar ne (tarpinis įvertinimas). Atlikus visas užduotis, pateiktame galutiniame atsakyme ir užduočių sprendimo statistikoje buvo nurodyti teisingi duomenys. Visais atvejais bendras surinktas balų skaičius buvo suskaičiuojamas teisingai. Šio testo testinių atvejų įvedimo reikšmės pateiktos 2 priedo 1 lentelėje. Duomenų bazės lentelėje “Stud\_sar” suformuoti įrašai pateikti 2 priedo 2 lentelėje. Duomenų bazės įrašai buvo palyginti su testinių atvejų išvedimo reikšmėmis. Visi įrašai suformuoti teisingai (teisingo įrašymo rodiklis – 100 %).

*Validavimo testavimo* metu buvo siekiama išsiaiškinti, ar programinė įranga atitinka užsakovo reikalavimus. Tai buvo atliekama kartu su užsakovu peržiūrint ir koreguojant reikalavimų specifikaciją, taip pat gavus pastabas po programos demonstravimas ir išbandymo. Nurodytos klaidos ar netikslumai buvo ištaisyti.

Buvo atliktas *našumo testavimas*, kurio metu matuotas vienas rodiklis – administracinio programos modulio paleidimo laikas. Laikas skaičiuojamas nuo programos paleidimo momento iki to laiko, kai, sukūrus formas ir prisijungus prie duomenų bazės, atveriamas (pasirodo) pagrindinis administracinio modulio langas.

Testavimo metu buvo jungiamasi prie duomenų bazės iš kito tinklo. Buvo atlikti 25 bandymai. Jų apibendrinti rezultatai matomi 6 lentelėje.

**Administracinio programos modulio paleidimo  
laiko matavimo testo rezultatai**

*6 lentelė*

Vidutinis prisijungimo laikas	0,232 s
Vidutinis prisijungimo laikas (tik pirmą kartą)*	1,155 s
Vidutinis prisijungimo laikas (tik ne pirmą kartą)**	0,105 s

\* – programa paleidžiama pirmą kartą po kompiuterio perkrovimo

\*\* – programa paleidžiama ne pirmą kartą po kompiuterio perkrovimo (buvo paleista prieš tai)

Pilna gautų rezultatų lentelė pateikiama 3 priede.

## 6. IŠVADOS

Darbe buvo išnagrinėtos plokštumos ir trimatės erdvės transformacijos, pateiktos jų formulės bei gausūs iliustraciniai pavyzdžiai.

Suformuluotas geometrinių transformacijų testų sudarymo ir testavimo palaikymo uždavinys, kuris buvo suskaidytas į tris dalis: testų užduočių sudarymą, testavimo procesą ir gautų rezultatų peržiūrą.

Derinant su projekto užsakovu ir atsižvelgiant į visas pageidaujamas sistemos savybes, buvo specifikuoti reikalavimai sistemai.

Remiantis panaudojimo atvejų modeliais, funkcijų diagramomis, grafinės vartotojo sąsajos prototipu, duomenų bazės struktūra, bendruoju sistemos modeliu, paruoštas geometrinių transformacijų testų sudarymo ir testavimo sistemos projektas.

Pagal parengtą projektą buvo sukurta dviejų modulių geometrinių transformacijų plokštumoje ir trimatėje erdvėje testų sudarymo ir testavimo sistema.

Administracinis programos modulis, kuriuo naudosis tik testuotojas (dėstytojas), leidžia:

- ✓ kurti naujus transformacijų matricių šablonus, juos redaguoti bei pašalinti;
- ✓ kurti naujas užduotis su įvairiu figūrų skaičiumi, jas redaguoti bei pašalinti;
- ✓ greitai ir paprastai sudaryti testų rinkinius, juos redaguoti bei pašalinti;
- ✓ peržiūrėti ir išspausdinti studentų rezultatus, surasti reikiamus įrašus ar pašalinti nereikalingus.

Testavimo programos modulis leidžia:

- ✓ pasirinkti reikiamą testą;
- ✓ atlikti testo užduotis, gaunant kiekvienos užduoties atlikimo teisingumo įvertinimą;
- ✓ gauti galutinį įvertinimą ir jį kartu su asmeniniais duomenimis nusiųsti į duomenų bazę.

Administravimo modulis užtikrina greitą, labai paprastą užduočių kūrimą ir norimo sudėtingumo bei tematikos testų rinkinių sudarymą. Testavimo modulis užtikrina labai paprastą ir aiškią testavimo eigą, patogų atsakymo nurodymo būdą, o visa tai stipriai supaprastina patį testavimą.

Paruošta išsami vartotojo dokumentacija: sistemos instaliavimo dokumentas, sistemos funkcinis aprašymas, sistemos vadovas ir sistemos administratoriaus vadovas.

Atliktas visos sistemos testavimas, kuris leido surasti ir pašalinti trūkumus bei silpnąsias vietas.

## 7. LITERATŪRA

1. **Anand Vera B.** Computer Graphics and Geometric Modeling for Engineers. – New York: John Wiley & Sons, 1993.– 407 p.
2. **Angel E.** Interactive computer graphics: a top-down approach with OpenGL. – Reading: Addison-Wesley Publishing Company, 1997. – 521 p.
3. **Audzijonis P.** Kompiuterinė inžinerinė geometrija ir grafika. – V.: Technika, 2003. – 251 p.
4. **Cooley P.** The essence of computer graphics. – Harlow: Pearson Education, 2001. – 196 p.
5. **Egerton P. A., Hall W. S.** Computer graphics: mathematical first steps. – London: Prentice Hall Europe, 1998. – 329 p.
6. **Foley James D., Van Dam Andries, Feiner Steven K., Hughes John F.** Computer graphics: principles and practice. – Reading: Addison-Wesley Publishing Company, 1996. – 1175 p.
7. **Janušauskaitė N., Markauskas R., Pekarskienė A., Sabatauskienė V.** Tiesinė algebra ir diferencialinis skaičiavimas. – K.: Technologija, 1998. – 252 p.
8. **Jones H.R.** Computer graphics through key mathematics. – London: Springer, 2001. – 343 p.
9. **Lenkevičius A., Matickas J.** Kompiuterinė grafika. – K.: Technologija, 2002. – 247 p.
10. **Lenkevičius A.** Kompiuterinės grafikos modulio paskaitų medžiaga 2003-2004 m. [Interaktyvus, žiūrėta 2004.04.24]. Prieiga per internetą: <http://lokys.pit.ktu.lt/~grafika>.
11. **Shoaff W.** The graphics pipeline – software architecture (skaidrių rinkinys). [Interaktyvus, žiūrėta 2004.05.08]. Prieiga per internetą: <http://www.cs.fit.edu/~wds/classes/prog-graphics/Lectures/pipeline.pdf>.
12. Kompiuterinės grafikos paskaitų kursas (skaidrių rinkinys). [Interaktyvus, žiūrėta 2004.05.02]. Prieiga per internetą: <http://www-2.cs.cmu.edu/~fp/courses/02-graphics/pdf-6up/>.
13. **Hitchner L.** Introduction to Computer Graphics (paskaitos medžiaga). [Interaktyvus, žiūrėta 2004.06.11]. Prieiga per internetą: <http://www.csc.calpoly.edu/~hitchner/CSC455/Transformations.html>.
14. Kompiuterinės grafikos paskaitų kursas (12 paskaita, skaidrių rinkinys). [Interaktyvus, žiūrėta 2004.05.20]. Prieiga per internetą: [http://www.cs.arizona.edu/classes/cs433/spring02/slides/12\\_lighting.pdf](http://www.cs.arizona.edu/classes/cs433/spring02/slides/12_lighting.pdf).

15. **Lee K. M.** How to make OpenGL programs (skaidrių rinkinys). [Interaktyvus, žiūrėta 2004.04.18]. Prieiga per internetą: <http://cv.chonbuk.ac.kr/~isoh/lecture/00-2/cg/chap1.ppt>.
16. **Somolinos A.** Foundations to computing 2 (skaidrių rinkinys). [Interaktyvus, žiūrėta 2004.06.02]. Prieiga per internetą: [www.mindspring.com/~somolinos/Graphics/GraphCh01.ppt](http://www.mindspring.com/~somolinos/Graphics/GraphCh01.ppt).
17. **Čechamirienė G.** Įvadas į dinaminių interneto puslapių kūrimą (skaidrių rinkinys). [Interaktyvus, žiūrėta 2004.10.28]. Prieiga per internetą: [www.vilnius.lm.lt/seminaras/PHP.ppt](http://www.vilnius.lm.lt/seminaras/PHP.ppt).
18. MySQL produktų apibūdinimas. [Interaktyvus, žiūrėta 2004.10.18]. Prieiga per internetą: <http://www.mysql.com/products/>.
19. Why Delphi? (Borland Delphi paketo privalumai ir trūkumai). [Interaktyvus, žiūrėta 2004.11.02]. Prieiga per internetą: <http://www.xtort.net/xdelphi/xdelphi.php>.
20. An overview of various database technologies for Windows platform. [Interaktyvus, žiūrėta 2004.10.22]. Prieiga per internetą: [http://www.mindcracker.com/mindcracker/c\\_cafe/database/db0.asp](http://www.mindcracker.com/mindcracker/c_cafe/database/db0.asp).

## 8. TERMINŲ IR SANTRUMPŲ ŽODYNAS

**ADO** (angl. *ActiveX Data Objects*) – aukšto lygio sąsaja tarp duomenų objektų.

**AutoLisp** – Lisp programavimo kalbos atmaina, naudojama AutoCAD programoje.

**Duomenų šaltinis** (angl. *Data Source*) – informacijos rinkinys, kurį naudoja ODBC tvarkyklė, kai jungiamasi prie duomenų bazės.

**Galutinė figūra** – figūra, gauta pritaikius transformaciją (t.y. figūra po transformacijos).

**Geometrinis konvejeris** (angl. *Geometric pipeline*) – standartinio grafinio konvejerio sudedamoji dalis, susijusi su objektų geometrijos apdorojimu.

**Grafinis konvejeris** (angl. *Graphics pipeline*) – erdvių seka (modelio erdvė, perspektyvos erdvė ir kt.), kurią pereina objektų koordinatės, kai objektas iš konceptualaus modelio virsta matomais taškais vaizduoklio ekrane.

**Homogeninės koordinatės** – tai 3 skaičiai  $x_1$ ,  $x_2$  ir  $x_3$ , visi vienu metu nelygūs nuliui ir susiję su taško Dekarto koordinatėmis  $x$  ir  $y$  lygybėmis  $x=x_1/x_3$ ,  $y=x_2/x_3$  (galioja ir  $n$ -matei erdvei).

**Laisvoji figūra** – uždaras daugiakampis, turintis  $n$  viršūnių.

**MySQL** – atvirojo kodo reliacinė duomenų bazių valdymo sistema, kuri naudoja SQL (angl. *Structured Query Language*) užklausų kalbą duomenų bazėje esantiems duomenims apdoroti.

**ODBC** (angl. *Open DataBase Connectivity*) – standartinis priėjimo prie duomenų bazės metodas.

**Pleištas** (angl. *Wedge*) – pleišto formos trimatė figūra, naudojama ir AutoCAD sistemoje.

**Pradinė figūra** – nubraižyta figūra, kuriai bus pritaikyta transformacija.

**Projekcija** – kūno vaizdavimas plokštumoje.

**Tekstūra** – skaitmeninis objekto paviršiaus atvaizdavimas trimatėje grafikoje, suteikiant šešėlių, atspalvį ar kitą požymį.

**Testuojamasis** – asmuo, atliekantis testą.

**Testuotojas** – asmuo, tvarkantis ir prižiūrintis administracinį sistemos modulį (dėstytojas).

**Transformacija** – funkcija, kuri tašką ar vektorių atvaizduoja į kitą tašką ar vektorių.

**Vaizduoklio procesorius** – mikroprocesorius, specialiai skirtas atlikti grafinius skaičiavimus.

**Z buferis** – grafinės atminties sritis, skirta saugoti kiekvieno ekrano taško  $z$  koordinatės reikšmę.



## 9. SUMMARY

## **10. PRIEDAI**

**Naujo transformacijų tipo testavimas: 25 testinių atvejų  
įvedimo reikšmės**

Transformacijos tipo pavadinimas	Transformacijų matricos formatas	Tuščios matricos paruošimas	Transformacijų matricos elementai																
Testas1	3x3	teisingas	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>2</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>x</td><td>x</td><td>1</td></tr> </table>	1	0	0	2	1	0	x	x	1							
1	0	0																	
2	1	0																	
x	x	1																	
Testas2	3x3	teisingas	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>x</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>2</td><td>2</td><td>1</td></tr> </table>	1	0	0	x	1	0	2	2	1							
1	0	0																	
x	1	0																	
2	2	1																	
Testas3	3x3	teisingas	<table border="1"> <tr><td>x</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>x</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>x</td></tr> </table>	x	0	0	0	x	0	0	1	x							
x	0	0																	
0	x	0																	
0	1	x																	
Testas4	3x3	teisingas	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>-2</td></tr> <tr><td>0</td><td>x</td><td>x</td></tr> </table>	1	0	0	0	1	-2	0	x	x							
1	0	0																	
0	1	-2																	
0	x	x																	
Testas5	3x3	teisingas	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0</td><td>-3</td></tr> <tr><td>0</td><td>x</td><td>0</td></tr> <tr><td>-1</td><td>x</td><td>1</td></tr> </table>	1	0	-3	0	x	0	-1	x	1							
1	0	-3																	
0	x	0																	
-1	x	1																	
Testas6	3x3	teisingas	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>x</td><td>x</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>-8</td></tr> <tr><td>1</td><td>11</td><td>1</td></tr> </table>	1	x	x	1	1	-8	1	11	1							
1	x	x																	
1	1	-8																	
1	11	1																	
Testas7	3x3	teisingas	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>-1</td></tr> <tr><td>-10</td><td>1</td><td>x</td></tr> <tr><td>7</td><td>4</td><td>1</td></tr> </table>	1	2	-1	-10	1	x	7	4	1							
1	2	-1																	
-10	1	x																	
7	4	1																	
Testas8	3x3	teisingas	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>x</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>x</td></tr> <tr><td>2,5</td><td>1,5</td><td>1</td></tr> </table>	1	x	0	0	1	x	2,5	1,5	1							
1	x	0																	
0	1	x																	
2,5	1,5	1																	
Testas9	3x3	teisingas	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>-2,5</td><td>1,5</td><td>x</td></tr> <tr><td>4</td><td>7</td><td>x</td></tr> </table>	1	0	0	-2,5	1,5	x	4	7	x							
1	0	0																	
-2,5	1,5	x																	
4	7	x																	
Testas10	3x3	teisingas	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> </table>	1	0	0	0	1	0	0	0	1							
1	0	0																	
0	1	0																	
0	0	1																	
Testas11	4x4	teisingas	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>5</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>x</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>2</td><td>x</td><td>0</td><td>1</td></tr> </table>	1	5	0	0	0	1	0	0	x	0	1	0	2	x	0	1
1	5	0	0																
0	1	0	0																
x	0	1	0																
2	x	0	1																
Testas12	4x4	teisingas	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>5</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>4</td><td>x</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>x</td><td>0</td></tr> <tr><td>4</td><td>0</td><td>-1</td><td>1</td></tr> </table>	1	5	0	0	4	x	0	0	0	0	x	0	4	0	-1	1
1	5	0	0																
4	x	0	0																
0	0	x	0																
4	0	-1	1																
Testas13	4x4	teisingas	<table border="1"> <tr><td>x</td><td>11</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>x</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>x</td><td>0</td></tr> <tr><td>2</td><td>-3</td><td>8</td><td>x</td></tr> </table>	x	11	0	0	0	x	0	0	0	0	x	0	2	-3	8	x
x	11	0	0																
0	x	0	0																
0	0	x	0																
2	-3	8	x																

Testas14	4x4	teisingas	0	1	12	x
			0	0	2	1
			-13	0	0	1
			1	-1	1	x
Testas15	4x4	teisingas	0	1	1	1
			-4	0	x	1
			1	1	0	x
			16	1	-2	-13
Testas16	4x4	teisingas	1	1	0	x
			0	-5	x	0
			0	x	-6	-13
			x	12	1	1
Testas17	4x4	teisingas	0	x	0	-10
			-1	1	0	0
			0	0	0	-2
			10	0	x	1
Testas18	4x4	teisingas	1	0	0	-13
			0	1	0	x
			x	0	1	0
			0	0	0	1
Testas19	4x4	teisingas	1	0	0	0
			0	1	0	0
			0	0	1	0
			11	-9	0	1
Testas20	4x4	teisingas	0	2	5	-4
			2	0	x	7
			2	x	1	-2
			2	3	6	1
Testas21	4x4	teisingas	2	1	x	-7
			x	x	x	-2
			x	7	x	0
			5	x	1	x
Testas22	3x3	teisingas	Be matricos			
Testas23	4x4	teisingas	Be matricos			
Testas24	3x3	teisingas	Be matricos			
Testas25	4x4	teisingas	Be matricos			

**Naujo transformacijų tipo testavimas: 25 testinių atveju  
įrašai duomenų bazėje (lentelėje “Tgr”)**

2 lentelė

Transf. tipo ID	Transformacijų tipo pavadinimas	Transformacijų matricos šablonas	Įrašo teisingumo įvertinimas
23	Testas1	1e2exec0e1exec0e0e1ecf	teisingas
24	Testas2	1exe2ec0e1e2ec0e0e1ecf	teisingas
25	Testas3	xe0e0ec0exe1ec0e0execf	teisingas
26	Testas4	1e0e0ec0e1exec0e-2execf	teisingas
27	Testas5	1e0e-1ec0exexec-3e0e1ecf	teisingas
28	Testas6	1e1e1ecxe1e11ecxe-8e1ecf	teisingas
29	Testas7	1e-10e7ec2e1e4ec-1exe1ecf	teisingas

30	Testas8	$1e0e2,5ecxe1e1,5ec0exe1ecf$	teisingas
31	Testas9	$1e-2,5e4ec0e1,5e7ec0exexecf$	teisingas
32	Testas10	$1e0e0ec0e1e0ec0e0e1ecf$	teisingas
35	Testas11	$1e0exe2ec5e1e0exec0e0e1e0ec0e0e1ecf$	teisingas
36	Testas12	$1e4e0e4ec5exe0e0ec0e0exe-1ec0e0e0e1ecf$	teisingas
37	Testas13	$xe0e0e2ec11exe0e-3ec0e0exe8ec0e0e0execf$	teisingas
38	Testas14	$0e0e-13e1ec1e0e0e-1ec12e2e0e1ecxe1e1execf$	teisingas
39	Testas15	$0e-4e1e16ec1e0e0e1ec1exe0e-2ec1e1exe-13ecf$	teisingas
40	Testas16	$1e0e0exec1e-5exe12ec0exe-6e1ecxe0e-13e1ecf$	teisingas
41	Testas17	$0e-1e0e10ecxe1e0e0ec0e0e0exec-10e0e-2e1ecf$	teisingas
42	Testas18	$1e0exe0ec0e1e0e0ec0e0e1e0ec-13exe0e1ecf$	teisingas
43	Testas19	$1e0e0e11ec0e1e0e-9ec0e0e1e0ec0e0e0e1ecf$	teisingas
44	Testas20	$0e2e2e2ec2e0exe3ec5exe1e6ec-4e7e-2e1ecf$	teisingas
45	Testas21	$2exexe5ec1exe7exexcexexe1ec-7e-2e0execf$	teisingas
46	Testas22	$f2$	teisingas
47	Testas23	$f3$	teisingas
48	Testas24	$f2$	teisingas
49	Testas25	$f3$	teisingas

**Transformacijų tipo redagavimo testavimas: 25 testinių atvejų įvedimo reikšmės**

Transformacijos tipo pavadinimas	Nauji transformacijų matricos elementai		
Testas1	1	x	0
	2	1	-8
	x	x	1
Testas2	1	0	3
	x	1	0
	-9	2	1
Testas3	x	0	0
	0	5	0
	x	1	x
Testas4	1	0	0
	-44	1	-2
	0	x	10
Testas5	1	x	-3
	0	x	0
	-1	x	1
Testas6	1	x	x
	0	1	-8
	0	11	1
Testas7	1	2	-1
	-10	1	x
	7	4	1
Testas8	1	x	3,9
	0	1	x
	-9,5	1,5	1

Testas9	1	0	x	
	-2,5	1,5	x	
	4	12	x	
Testas10	x	0	0	
	0	x	0	
	0	0	x	
Testas11	1	5	0	0
	0	1	x	0
	x	0	x	0
	2	x	0	1
Testas12	1	5	0	7
	4	x	12	0
	-8	0	x	0
	4	0	-1	1
Testas13	x	11	-3,6	0
	0	x	0	2,5
	1,8	0	x	0
	2	-3	8	x
Testas14	0	1	12	x
	0	0	2	1
	-13	0	0	1
	1	-1	1	x
Testas15	0	1	1	x
	-4	0	x	1
	1	x	0	x
	x	1	-2	-13
Testas16	1	1	0	x
	-9	0	x	0
	0	x	-6	1
	x	12	1	1
Testas17	x	x	0	x
	x	1	0	x
	x	0	0	x
	x	0	x	x
Testas18	1	0	0	-13
	0	1	0	x
	x	0	1	0
	7	10	9	8
Testas19	1	0	0	0
	0	1	-9	0
	0	18	1	0
	11	-9	0	1
Testas20	x	2	3	-4
	4	0	1,32	7
	2	x	1	-71
	2	8	6	x
Testas21	2	x	x	x
	x	x	x	x
	x	x	x	0
	x	x	1	x

Testas22	Be matricos
Testas23	Be matricos
Testas24	Be matricos
Testas25	Be matricos

**Transformacijų tipo redagavimo testavimas: 25 testinių atvejų įrašai duomenų bazėje (lentelėje “Tgr”)**

4 lentelė

Transf. tipo ID	Transformacijų tipo pavadinimas	Transformacijų matricos šablonas	Įrašo teisingumo įvertinimas
23	Testas1	1e2execxlelexec0e-8e1ecf	teisingas
24	Testas2	1exe-9ec0e1e2ec3e0e1ecf	teisingas
25	Testas3	xe0exec0e5e1ec0e0execf	teisingas
26	Testas4	1e-44e0ec0e1exec0e-2e10ecf	teisingas
27	Testas5	1e0e-1ecxexxec-3e0e1ecf	teisingas
28	Testas6	1e0e0ecxlel1ecxe-8e1ecf	teisingas
29	Testas7	1e-10e7ec2e1e4ec-1exe1ecf	teisingas
30	Testas8	1e0e-9,5ecxe1e1,5ec3,9exe1ecf	teisingas
31	Testas9	1e-2,5e4ec0e1,5e12ecxexxecf	teisingas
32	Testas10	xe0e0ec0exe0ec0e0execf	teisingas
35	Testas11	1e0exe2ec5e1e0exec0exexe0ec0e0e0e1ecf	teisingas
36	Testas12	1e4e-8e4ec5exe0e0ec0e12exe-1ec7e0e0e1ecf	teisingas
37	Testas13	xe0e1,8e2ec11exe0e-3ec-3,6e0exe8ec0e2,5e0execf	teisingas
38	Testas14	0e0e-13e1ec1e0e0e-1ec12e2e0e1ecxe1e1execf	teisingas
39	Testas15	0e-4e1exec1e0exe1ec1exe0e-2ecxle1exe-13ecf	teisingas
40	Testas16	1e-9e0exec1e0exe12ec0exe-6e1ecxe0e1e1ecf	teisingas
41	Testas17	xexexexecxle1e0e0ec0e0e0execxexexxecf	teisingas
42	Testas18	1e0exe7ec0e1e0e10ec0e0e1e9ec-13exe0e8ecf	teisingas
43	Testas19	1e0e0e11ec0e1e18e-9ec0e-9e1e0ec0e0e0e1ecf	teisingas
44	Testas20	xe4e2e2ec2e0exe8ec3e1,32e1e6ec-4e7e-71execf	teisingas
45	Testas21	2exexexecxexexxecxexexe1ecxexe0execf	teisingas
46	Testas22	f	neteisingas
47	Testas23	f	neteisingas
48	Testas24	f	neteisingas
49	Testas25	f	neteisingas

**Naujos užduoties kūrimo testavimas: 25 testinių atvejų įvedimo reikšmės**

5 lentelė

Užd. eil. nr.	Transformacijų tipas	Figūra	Pradinės figūros atidėti taškai	Spalvojimas	Matricos elementai									
1	Perkėlimas	Stačiakampis	2,5;7,5 8;4,5	nėra	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>2</td><td>-4</td><td>1</td></tr> </table>	1	0	0	0	1	0	2	-4	1
		1	0	0										
		0	1	0										
		2	-4	1										
Linija	1;-3; 2,5;1	nėra												
Apskritimas	7;0 (spindulys=3)	yra												
Apskritimas	-6,5;6 (spindulys=1,5)	nėra												

5 lentelės tęsinys

2	Perkėlimas	Linija	2;-5,5 -5;-3,5	nėra			
		Linija	6,5;6 5;9	nėra	1	0	0
		Linija	-3,5;3,5 -5,5;1,5	nėra	0	1	0
		Laisvoji	-2,5;-1,5 0;3 3;0	yra	3	2	1
		Laisvoji	7,5;0,5 7,5;3 11;0 12;2,5	nėra			
3	Perkėlimas	Laisvoji	-4;5 5;2 -3,5;-2 2;-2,5; 4;1 5,5;4,5 3,5;7,5 1;9,5 -2,5;9,5 - 2;7,5	nėra	1	0	0
					0	1	0
					0	0	1
4	Pasukimas	Stačiakampis	0;2 4;0	yra	0,71	-0,71	0
		Linija	-0,5;-0,5 4,5;2,5	nėra	0,71	0,71	0
					0	0	1
5	Pasukimas	Apskritimas	-2,5;2,5 (spindulys=1)	nėra			
		Apskritimas	0,5;2,5 (spindulys=2)	nėra	0	1	0
		Laisvoji	-3,5;4,5 2,5;4,5 4,5;2,5 3;0,5; - 3,5;0,5 -5;2,5	nėra	-1	0	0
					0	0	1
6	Pasukimas	Stačiakampis	-4;4,5 4;3,5	nėra	-0,71	-	0
		Stačiakampis	-5,5;3 -3;2	yra		0,71	
		Stačiakampis	3;3 5,5;2	yra	0,71	-	0
						0,71	
					0	0	1
7	Šlytis Y	Stačiakampis	-2;3 2;2	nėra	1	1,5	0
		Laisvoji	0;0 -3;-1,5 -3;1,5	nėra	0	1	0
		Linija	0;-4 0;0	nėra	0	0	1
8	Šlytis Y	Stačiakampis	3;-3 7,5;-5	yra	1	-0,5	0
		Linija	3;-6 5,5;2,5	nėra	0	1	0
		Linija	5;-6 7,5;-2,5	nėra	0	0	1
9	Šlytis Y	Apskritimas	3;0 (spindulys=2)	nėra	1	2	0
		Laisvoji	3;2,5 1;-1,5 5;-1,5	nėra	0	1	0
					0	0	1
10	Šlytis X	Laisvoji	4;0 4;2,5 6;3,5 6;0	nėra	1	0	0
		Laisvoji	-6,5;-4,5 -4;-2,5 -3,5;-4,5	nėra	1,5	1	0
		Laisvoji	-8;7 -7,5;5,5 -6;5,5 -5,5;7 -7;8	nėra	0	0	1
		Apskritimas	0;0 (spindulys=1)	nėra			
11	Šlytis X	Stačiakampis	-2;2 1;0	yra	1	0	0
		Linija	-1;-1 -1;3	nėra	2	1	0
		Linija	0;-1 0;3	nėra	0	0	1
12	Šlytis X	Apskritimas	-5;-1,5 (spindulys=3)	yra	1	0	0
		Linija	-7,5;-3,5 -2,5;1	nėra	-0,5	1	0
		Stačiakampis	-1;2 1;0	nėra	0	0	1
13	Šlytis X ir Y	Apskritimas	0;4 (spindulys=1)	nėra	1	0,5	0
		Stačiakampis	-2;2 2;0	nėra	2	1	0
		Laisvoji	0;2 -1;0 1;0	yra	0	0	1
14	Atspindys X	Apskritimas	-6;5,5 (spindulys=2)	yra			
		Apskritimas	-2,5;5,5 (spindulys=2)	yra	1	0	0
		Stačiakampis	0;2 4;0	nėra	0	-1	0
		Laisvoji	3;6 3;4,5 4;3 5;4,5 5;6 4;7	yra	0	0	1
		Linija	1;0 3;2	nėra			



5 lentes tesinys

15	Atspindys X	Apskritimas	-5;1,5 (spindulys=1,5)	yra	1	0	0
		Apskritimas	2;1,5 (spindulys=1,5)	nėra	0	-1	0
		Linija	-5;3 2;3	nėra	0	0	1
		Linija	-5;0 2;2	nėra			
16	Atspindys X	Apskritimas	4,5;7 (spindulys=3)	nėra	1	0	0
		Linija	0;4 2;1	nėra	0	-1	0
		Linija	-3;1 0;4	nėra	0	0	1
		Laisvoji	-3,5;7 -5,5;4 -2,5;4 -1;7	nėra			
17	Atspindys Y	Stačiakampis	-5,5;4 -2,5;2,5	yra	-1	0	0
		Stačiakampis	-5,5;-2 -2;-4	yra	0	1	0
		Stačiakampis	-1;2 2;1	nėra	0	0	1
		Laisvoji	2,5;8,5 1,5;7,5 2,5;7 1,5;6 4;6 3;7 4;7,5	nėra			
18	Atspindys Y	Apskritimas	-4;3 (spindulys=2)	nėra	-1	0	0
		Apskritimas	-4;-3 (spindulys=2)	yra	0	1	0
		Linija	4;5 4;1,5	nėra	0	0	1
		Laisvoji	4;4 3;2,5 5;2,5	yra			
19	Atspindys Y	Stačiakampis	5,5;4 8;2,5	nėra	-1	0	0
		Stačiakampis	1,5;-1,5 6;-3	nėra	0	1	0
		Laisvoji	4;8,5 2,5;6 5,5;6	nėra	0	0	1
		Laisvoji	3;4,5 2,5;3,5 1,5;3,5 2,5;2,5 1,5;1,5 3;2,5 4;1,5 3,5;2,5 4,5;3,5 3,5;3,5 3;4,5	nėra			
		Apskritimas	7,5;7,5 (spindulys=1)	nėra			
20	Atspindys XY	Laisvoji	-5,5;4,5 -4,5;2,5 -3;2,5 -2;4,5	yra	-1	0	0
		Linija	-3,5;5,5 -3,5;2	nėra	0	-1	0
		Apskritimas	-9,5;3,5 (spindulys=2)	nėra	0	0	1
		Apskritimas	-4;7 (spindulys=1)	yra			
21	Atspindys XY	Laisvoji	-9;-3 -10;-5 -5,5;-5	nėra	-1	0	0
		Apskritimas	-3;-2 (spindulys=2,5)	nėra	0	-1	0
					0	0	1
22	Mastelis	Stačiakampis	0;2 4;0	nėra	0,5	0	0
					0	1	0
					0	0	1
23	Mastelis	Stačiakampis	1;-1 2;-2	yra	2	0	0
		Linija	2;0,5 6;0,5	nėra	0	1,5	0
		Apskritimas	4;3 (spindulys=2)	nėra	0	0	1
24	Mastelis	Stačiakampis	2;4 7;1	nėra	0,5	0	0
		Laisvoji	-4;-2 -6;-4,5 -1,5;-4,5	nėra	0	0,5	0
		Linija	3;7 6;5	nėra	0	0	1
25	Pasukimas	Stačiakampis	0;2 4;0	nėra	0	-1	0
		Laisvoji	3;4 4;2 6;2 5;4	nėra	1	0	0
					0	0	1

**Naujos užduties testavimas: 5 testinių atvejų  
(transformacijų kompozicijai) įvedimo reikšmės**

6 lentelė

Užd. eil. nr.	Transformacijų tipas	Figūra	Pradinės figūros atidėti taškai	Transformacijos	Matricos elementai		
1	Kompozicija	Stačiakampis	0;2 3;0	1.Mastelis	2	0	0
					0	0,5	0
					0	0	1
				2.Pasukimas	0	-1	0
					1	0	0
					0	0	1
3.Perkėlimas	1	0	0				
	0	1	0				
	-3	-2	1				
2	Kompozicija	Laisvoji	2;0 4;1,5 6;0	1.Šlytis Y	1	2	0
					0	1	0
					0	0	1
				2.Atspindys X	1	0	0
					0	-1	0
					0	0	1
3	Kompozicija	Linija	1;1 3;3	1.Atspindys XY	-1	0	0
					0	-1	0
					0	0	1
				2.Šlytis X ir Y	1	0,5	0
					0,5	1	0
					0	0	1
3.Pasukimas	0,71	-0,71	0				
	0,71	0,71	0				
	0	0	1				
4.Perkėlimas	1	0	0				
	0	1	0				
	5	1	1				
4	Kompozicija	Stačiakampis	2;-1,5 4;-3	1.Mastelis	0,5	0	0
					0	2	0
					0	0	1
				2.Perkėlimas	1	0	0
					0	1	0
					2	0	1
3.Perkėlimas	1	0	0				
	0	1	0				
	-3	-1	1				
5	Kompozicija	Laisvoji	5,5;1,5 8,5;2,5 8,5;4,5 5;3,5 5,5;1,5	1.Perkėlimas	1	0	0
					0	1	0
					-2	-1,5	1
				2.Mastelis	1,5	0	0
					0	1	0
					0	0	1
3.Perkėlimas	1	0	0				
	0	1	0				
	-5	0	1				

				4.Pasukimas	0	1	0
					-1	0	0
					0	0	1
				5.Šlytis X	1	0	0
					1,5	1	0
					0	0	1

**Užduoties redagavimo testavimas: 25 testinių atvejų įvedimo reikšmės**

Užd. eil. nr.	Senos matricos elementai	Naujos matricos elementai	Matricos įrašas
1	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 2 & -4 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$1e0e0ec0e1e1ec0e0e1ecf$
2	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 3 & 2 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 6,5 & -1,5 & 1 \end{bmatrix}$	$1e0e6,5ec0e1e-1,5ec0e0e1ecf$
3	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 3 & 2 & 1 \end{bmatrix}$	$1e0e3ec0e1e2ec0e0e1ecf$
4	$\begin{bmatrix} 0,71 & -0,71 & 0 \\ 0,71 & 0,71 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$0e-1e0ec1e0e0ec0e0e1ecf$
5	$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -0,71 & 0,71 & 0 \\ -0,71 & -0,71 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$-0,71e-0,71e0ec0,71e-0,71e0ec0e0e1ecf$
6	$\begin{bmatrix} -0,71 & -0,71 & 0 \\ 0,71 & -0,71 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0,71 & -0,71 & 0 \\ 0,71 & 0,71 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$0,71e0,71e0ec-0,71e0,71e0ec0e0e1ecf$
7	$\begin{bmatrix} 1 & 1,5 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$1e0e0ec1e1e0ec0e0e1ecf$
8	$\begin{bmatrix} 1 & -0,5 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & -1,5 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$1e0e0ec-1,5e1e0ec0e0e1ecf$
9	$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 2,5 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$1e0e0ec2,5e1e0ec0e0e1ecf$
10	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1,5 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$1e1e0ec0e1e0ec0e0e1ecf$
11	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 2 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1,5 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$1e1,5e0ec0e1e0ec0e0e1ecf$
12	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -0,5 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$1e-1e0ec0e1e0ec0e0e1ecf$

13	1	0,5	0	1	0,5	0	1,5e0ec0,5e1e0ec0e0e1ecf
	2	1	0	1,5	1	0	
	0	0	1	0	0	1	
22	0,5	0	0	1,5	0	0	1,5e0e0ec0e1e0ec0e0e1ecf
	0	1	0	0	1	0	
	0	0	1	0	0	1	
23	2	0	0	1,5	0	0	1,5e0e0ec0e2e0ec0e0e1ecf
	0	1,5	0	0	2	0	
	0	0	1	0	0	1	
24	0,5	0	0	1	0	0	1e0e0ec0e0,5e0ec0e0e1ecf
	0	0,5	0	0	0,5	0	
	0	0	1	0	0	1	
25	0	-1	0	-1	0	0	-1e0e0ec0e-1e0ec0e0e1ecf
	1	0	0	0	-1	0	
	0	0	1	0	0	1	

**Naujų testų rinkinių sudarymo testavimas: 25 testinių atvejų įvedimo reikšmės**

8 lentelė

Testų rinkinio pavadinimas	Testų rinkinio tipas	Transformacija	Rinkinio užduotys	Rinkinio užduočių įvertinimai
testas_perk1	Viena transf.	Perkėlimas	65;104;127;133	3;2;2;3
testas_perk2	Viena transf.	Perkėlimas	87;99;120;127	2;2;2;2;2
testas_perk2	Viena transf.	Perkėlimas	87;104;122	3;1;4
testas_mastelis1	Viena transf.	Mastelis	100;102;218	4;3;3
testas_mastelis2	Viena transf.	Mastelis	101;102;103;213;214	2;2;1;3;2
testas_mastelis3	Viena transf.	Mastelis	100;102;103;218	1;2;2;3
testas_pasuk1	Viena transf.	Pasukimas	134;137;140;221	3;3;2;2
testas_atspX1	Viena transf.	Atspindys X	171;178;183	3;3;3
testas_atspy1	Viena transf.	Atspindys Y	187;194;200	5;4;2
testas_atspXY1	Viena transf.	Atspindys XY	205;211	5;3
testas_šlytx1	Viena transf.	Šlytis X	154;158;163	3;3;3
testas_šlyty1	Viena transf.	Šlytis Y	59;60;145;152	2;2;3;3
testas_šlytxy1	Viena transf.	Šlytis X ir Y	167	5
testas_kompoz1	Viena transf.	Kompozicija	77;233;235;238	3;4;4;3
testas_kompoz2	Viena transf.	Kompozicija	233;235;236	2;4;3
testas_misr1	Įvairios transf.	–	87;137;213;211;60	2;3;1;2;2
testas_misr2	Įvairios transf.	–	120;101;218;167;77	1;1;2;3;5
testas_misr3	Įvairios transf.	–	154;194;140;235	3;2;3;3
testas_misr4	Įvairios transf.	–	127;183;233;238	2;2;3;3
testas_misr5	Įvairios transf.	–	158;205;102	3;3;3
testas_misr6	Įvairios transf.	–	65;133;234	2;2;6
testas_misr7	Įvairios transf.	–	122;140;100;200;167;59	1;2;1;2;2;2
testas_misr8	Įvairios transf.	–	77;236;205;171;214;103	3;2;1;1;2;2
testas_misr9	Įvairios transf.	–	102;234	4;4
testas_misr10	Įvairios transf.	–	235;233;163;60;187;183;99	3;3;1;2;1;1;2

**Naujų testų rinkinių sudarymo testavimas: 25 testinių atvejų įrašai duomenų bazėje (lentelėje “Trink”)**

9 lentelė

Trink_pavad	Rink	Iv
testas_perk1	65c104c127c133cf	3c2c2c3cf
testas_perk2	87c99c120c127cf	2c2c2c2c2cf
testas_perk2	87c104c122cf	3c1c4cf
testas_mastelis1	100c102c218cf	4c3c3cf
testas_mastelis2	101c102c103c213c214cf	2c2c1c3c2cf
testas_mastelis3	100c102c103c218cf	1c2c2c3cf
testas_pasuk1	134c137c140c221cf	3c3c2c2cf
testas_atsp1	171c178c183cf	3c3c3cf
testas_atspy1	187c194c200cf	5c4c2cf
testas_atspxy1	205c211cf	5c3cf
testas_šlytx1	154c158c163cf	3c3c3cf
testas_šlyty1	59c60c145c152cf	2c2c3c3cf
testas_šlytxy1	167cf	5cf
testas_kompoz1	77c233c235c238cf	3c4c4c3cf
testas_kompoz2	233c235c236cf	2c4c3cf
testas_misr1	87c137c213c211c60cf	2c3c1c2c2cf
testas_misr2	120c101c218c167c77cf	1c1c2c3c5cf
testas_misr3	154c194c140c235cf	3c2c3c3cf
testas_misr4	127c183c233c238cf	2c2c3c3cf
testas_misr5	158c205c102cf	3c3c3cf
testas_misr6	65c133c234cf	2c2c6cf
testas_misr7	122c140c100c200c167c59cf	1c2c1c2c2c2cf
testas_misr8	77c236c205c171c214c103cf	3c2c1c1c2c2cf
testas_misr9	102c234cf	4c4cf
testas_misr10	235c233c163c60c187c183c99cf	3c3c1c2c1c1c2cf

**Testų rinkinių redagavimo testavimas: 25 testinių atvejų įvedimo reikšmės**

10 lentelė

Testų rinkinio pavadinimas	Testų rinkinio tipas	Transformacija	Rinkinio užduotys	Rinkinio užduočių įvertinimai
testas_perk1	Viena transf.	Perkėlimas	65;127;133;120	3;2;3;2
testas_perk2	Viena transf.	Perkėlimas	87;99;120;127	2;3;1;2;2
testas_perk3	Viena transf.	Perkėlimas	87;65;133	3;2;3
testas_mastelis1	Viena transf.	Mastelis	100;102;218;213;101	2;3;3;2;2
testas_mastelis2	Viena transf.	Mastelis	101;103;213;214	3;2;3;2
testas_mastelis3	Viena transf.	Mastelis	102;103;218;214	2;3;2;1
testas_pasuk1	Viena transf.	Pasukimas	134;137;140	4;2;2
testas_atsp1	Viena transf.	Atspindys X	171;178;183	2;3;4
testas_atspy1	Viena transf.	Atspindys Y	187;194	5;5
testas_atspxy1	Viena transf.	Atspindys XY	205;211	4;4
testas_šlytx1	Viena transf.	Šlytis X	154;158;163	3;3;2
testas_šlyty1	Viena transf.	Šlytis Y	60;145;152;148	2;3;3;3
testas_šlytxy1	Viena transf.	Šlytis X ir Y	167	6
testas_kompoz1	Viena transf.	Kompozicija	77;233;235;238;234	3;2;4;3;2
testas_kompoz2	Viena transf.	Kompozicija	233;235;238	2;4;3

testas_misr1	Įvairios transf.	–	87;137;213;211;60	2;2;1;3;2
testas_misr2	Įvairios transf.	–	120;101;218;167;87	1;1;2;3;3
testas_misr3	Įvairios transf.	–	154;194;235;137	2;2;3;3
testas_misr4	Įvairios transf.	–	127;183;233;238	3;2;2;3
testas_misr5	Įvairios transf.	–	158;102;211	3;3;3
testas_misr6	Įvairios transf.	–	65;133;238	3;1;6
testas_misr7	Įvairios transf.	–	122;140;167;59;101;194	1;2;2;2;1;2
testas_misr8	Įvairios transf.	–	77;236;205;171;214;103	2;2;2;1;2;1
testas_misr9	Įvairios transf.	–	102;235	4;4
testas_misr10	Įvairios transf.	–	235;233;163;60;187;183	3;2;1;1;2;1

**Testų rinkinių redagavimo testavimas: 25 testinių atveju  
įrašai duomenų bazėje (lentelėje “Trink”)**

Trink_pavad	Rink	Iv
testas_perk1	65c127c133c120cf	3c2c3c2cf
testas_perk2	87c99c120c127c133cf	2c3c1c2c2cf
testas_perk3	87c65c133cf	3c2c3cf
testas_mastelis1	100c102c218c213c101cf	2c3c3c2c2cf
testas_mastelis2	101c103c213c214cf	3c2c3c2cf
testas_mastelis3	102c218c103c214cf	2c2c3c1cf
testas_pasuk1	134c137c140cf	4c2c2cf
testas_atsp1	171c178c183cf	2c3c4cf
testas_atspy1	187c194cf	5c5cf
testas_atspxy1	205c211cf	4c4cf
testas_šlytx1	154c158c163cf	3c3c2cf
testas_šlyty1	60c145c152c148cf	2c3c3c3cf
testas_šlytxy1	167cf	6cf
testas_kompoz1	77c233c235c238c234cf	3c2c4c3c2cf
testas_kompoz2	233c235c238cf	2c4c3cf
testas_misr1	87c137c213c211c60cf	2c2c1c3c2cf
testas_misr2	120c101c218c167c87cf	1c1c2c3c3cf
testas_misr3	154c194c235c137cf	2c2c3c3cf
testas_misr4	127c183c233c238cf	3c2c2c3cf
testas_misr5	158c102c211cf	3c3c3cf
testas_misr6	65c133c238cf	3c1c6cf
testas_misr7	122c140c167c59c101c194cf	1c2c2c2c1c2cf
testas_misr8	77c236c205c171c214c103cf	2c2c2c1c2c1cf
testas_misr9	102c235cf	4c4cf
testas_misr10	235c233c163c60c187c183cf	3c2c1c1c2c1cf

## 2 PRIEDAS

1 lentelė

Testų atlikimo testavimas: 25 testinių atvejų įvedimo  
reikšmės

Nr.	Pavadinimas	Užd.sk.	T	N	Teisingi	Balai	Suma	Data	Kas
1	testas_perk2	5 užd.	5	0	1,2,3,4,5	2,3,1,2,2	10	2005.01.06	Artūras Orlauskas,A1
2			3	2	1,3,4	2,1,2	5	2005.01.06	Viktoras Muntianas,B1
3			1	4	2	3	3	2005.01.06	Antanas Steponėnas,A1
4	testas_mastelis2	4 užd.	0	4	-	-	0	2005.01.06	Benas Steponėnas,A2
5			2	2	1,4	3,2	5	2005.01.06	Viktorija Žemaitytė,A3
6			3	1	1,2,3	3,2,3	8	2005.01.06	Virgilijus Aleksna,B3
7	testas_atsp1	3 užd.	3	0	1,2,3	2,3,4	9	2005.01.06	Austra Skujytė,A2
8			1	2	2	3	3	2005.01.06	Vilma Čereškienė,A3
9	testas_kompoz1	5 užd.	5	0	1,2,3,4,5	3,2,4,3,2	14	2005.01.06	Darius Grigalionis,B2
10			3	2	1,3,4	3,4,3	10	2005.01.06	Vincas Kudirka,B1
11			2	3	2,5	2,2	4	2005.01.06	Monika Kernaitė, A2
12	testas_misr5	3 užd.	3	0	1,2,3	3,3,3	9	2005.01.06	Eglė Šulčiūtė, B1
13			1	2	2	3	3	2005.01.06	Darius Maskoliūnas, B3
14			0	3	-	-	0	2005.01.06	Arnoldas Venclovas, A3
15	testas_misr7	6 užd.	5	1	1,2,3,4,6	1,2,2,2,2	9	2005.01.06	Arnoldas Jatkonis, A1
16			4	2	1,3,4,5	1,2,2,1	6	2005.01.06	Kristina Saltakaitė, B2
17			3	3	1,2,6	1,2,2	5	2005.01.06	Violeta Balčiūnaitė, A2
18			1	5	5	1	1	2005.01.06	Justas Kleiza, A2
19	testas_misr10	6 užd.	5	1	1,2,3,4,5	3,2,1,1,2	9	2005.01.06	Gintaras Savukynas, A1
20			4	2	1,2,4,6	3,2,1,1	7	2005.01.06	Vaidotas Grosas, B3
21			3	3	2,4,5	2,1,2	5	2005.01.06	Marija Kliukaitė, A2
22			1	5	6	1	1	2005.01.06	Justas Česnavičius, B2
23			6	0	1,2,3,4,5,6	3,2,1,1,2,1	10	2005.01.06	Asta Žygelytė, B1
24	testas_šlyty1	4 užd.	3	1	1,2,4	2,3,3	8	2005.01.06	Kotryna Zakytė, A2

25			2	2	2,3	3,3	6	2005.01.06	Saulius Girdauskas, B1
----	--	--	---	---	-----	-----	---	------------	---------------------------

Pastabos: T – teisingai atliktų užduočių skaičius; N – neteisingai atliktų užduočių skaičius;

Teisingi – teisingai atliktų užduočių eilės numeriai;

Balai – balų skaičius už atitinkamai kiekvieną teisingai atliktą užduotį;

Suma – gautas galutinis įvertinimas.

**Testų atlikimo testavimas: 25 testinių atvejų įrašai  
duomenų bazėje (lentelėje “Stud\_sar”)**

2 lentelė

Grupė	Pavardė	Vardas	Įvertinimas	Data
A1	Orlauskas	Artūras	10	2005.01.06
B1	Muntianas	Viktoras	5	2005.01.06
A1	Steponėnas	Antanas	3	2005.01.06
A2	Steponėnas	Benas	0	2005.01.06
A3	Žemaitytė	Viktorija	5	2005.01.06
B3	Alekna	Virgilijus	8	2005.01.06
A2	Skujytė	Austra	9	2005.01.06
A3	Čereškienė	Vilma	3	2005.01.06
B2	Grigalionis	Darius	14	2005.01.06
B1	Kudirka	Vincas	10	2005.01.06
A2	Kernaitė	Monika	4	2005.01.06
B1	Šulčiūtė	Eglė	9	2005.01.06
B3	Maskoliūnas	Darius	3	2005.01.06
A3	Venclovas	Arnoldas	0	2005.01.06
A1	Jatkonis	Arnoldas	9	2005.01.06
B2	Saltakaitė	Kristina	6	2005.01.06
A2	Balčiūnaitė	Violeta	5	2005.01.06
A2	Kleiza	Justas	1	2005.01.06
A1	Savukynas	Gintaras	9	2005.01.06
B3	Grosas	Vaidotas	7	2005.01.06
A2	Kliukaitė	Marija	5	2005.01.06
B2	Česnavičius	Justas	1	2005.01.06
B1	Žygelytė	Asta	10	2005.01.06
A2	Zakytė	Kotryna	8	2005.01.06
B1	Girdauskas	Saulius	6	2005.01.06



**Administracinio programos modulio paleidimo laiko  
testavimo rezultatai**

Time_id	Paleidimo pradžia, s	Paleidimo pabaiga, s	Skirtumas, s	Pastaba
5	49,006	50,238	1,232	1 kartas
6	8,140	8,240	0,100	
7	24,833	24,933	0,100	
8	16,839	16,929	0,090	
9	57,152	58,254	1,102	1 kartas
10	25,713	25,824	0,111	
11	11,200	11,330	0,130	
12	39,508	39,628	0,120	
13	43,664	43,754	0,090	
14	21,381	21,471	0,090	
15	36,893	36,983	0,090	
16	30,446	30,536	0,090	
17	33,651	33,741	0,090	
18	33,203	33,323	0,120	
19	37,029	37,109	0,080	
20	8,767	8,857	0,090	
21	17,118	17,208	0,090	
22	21,685	21,775	0,090	
23	33,165	33,275	0,110	
24	36,449	36,539	0,090	
25	3,764	4,896	1,132	1 kartas
26	49,273	49,534	0,261	
27	16,395	16,485	0,090	
28	33,171	33,271	0,100	
29	53,139	53,239	0,100	

*Pastabos.* Paleidimo pradžia – paleidimo pradžios laikas. Formatas: sekundės, milisekundės.

Paleidimo pabaiga – paleidimo pabaigos laikas. Formatas: sekundės, milisekundės.

Skirtumas – laikas, per kurį paleidžiamas modulis (pabaigos ir pradžios skirtumas).

1 kartas – kai programa paleidžiama pirmą kartą po kompiuterio perkrovimo.

