





Erasmus+ programa

KA2 STRATEGINIŲ PARTNERYSČIŲ INOVACIJŲ PROJEKTAS "Šiuolaikinis požiūris į erdvinio supratimo plėtojimo galimybes, naudojant papildytąją realybę" SPACAR Nr. 2019-1-LT01-KA202-060471

MOKYMO MEDŽIAGOS METODIKA

Prof. Manuel Contero Valensijos politechnikos universitetas



Šis darbas yra licencijuojamas pagal <u>Creative Commons Attribution</u>-<u>NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License</u>.









Turinys

1.	Įvadas	6
2.	Erdviniai gebėjimai	6
3.	Erdvinių gebėjimų matavimas	. 10
	3.1 Sąlyginio pjūvio testas (MCT)	. 10
	3.2 Mentalinio sukimo testas (MRT)	. 10
	3.3 Sugebėjimo atskirti testas: erdviniai ryšiai (DAT: SR)	. 11
	3.4 Purdue erdvinės vizualizacijos testai: pasukimai (PSVT: R) ir pataisyta versija	. 11
	3.5 Purdue erdvinės vizualizacijos testai: vizualizacija (PSVT: V)	. 12
	3.6 Purdue erdvinės vizualizacijos testai: kūrimas (PSVT: D)	. 12
	3.7 Erdvinės orientacijos testas (SOT)	. 13
4.	Pedagoginė struktūra	. 14
	4.1 Projektavimo principai	. 16
	4.2 Pratimų taksonomija	. 16
	4.3 Suderinimas su siūloma intelektinio produkto struktūra	. 17
5.	Pratimų formatas	. 18
6.	Validavimo sistema	. 18
7.	Nuorodos	. 20
1	priedas. Pratimų pavyzdžiai	. 23
	1 pratimo pavyzdys	. 24
	2 pratimo pavyzdys	. 26
	3 pratimo pavyzdys	. 27
2	priedas	. 29
Pr	aktinis SPACAR platformos ir mobiliosios programėlės naudojimo vadovas	. 29
	A2.1 Platformos aprašymas	. 30
	A2.2 Kursų valdymas	. 31
	A2.3 Pratimų valdymas	. 34
	A2.4 Vartotojų valdymas	. 37
	A2.5 Vartotojų tipai	. 39
	A2.6 Mobilioji programėlė	. 40
	A2.7 3D modelių koregavimas	. 46









Paveikslėlių rodyklė

1 pav. Vizualinio apdorojimo faktorių struktūra CHC teorijoje (Buckley ir kt., 2019)	7
2 pav. Išplėstinė vizualinio apdorojimo papildomų faktorių struktūra (Gv) (Buckley ir kt.,	2019)9
3 pav. MTC elemento pavyzdys	10
4 pav. MRT elemento pavyzdys	10
5 pav. DAT: SR elemento pavyzdys	11
6 pav. PSVT: R elemento pavyzdys	11
7 pav. PSVT: V elemento pavyzdys	12
8 pav. PSVT: D elemento pavyzdys	12
9 pav. Erdvinės orientacijos testo bandomasis elementas	13
10 pav. Eksperimentinis projektas	19
11 pav. Kursų valdymas internetinėje platformoje	30
12 pav. Prisijungimo ekranas ir kalbos pasirinkimo meniu	31
13 pav. Kursai platformoje	31
14 pav. Kurso kūrimo duomenys	32
15 pav. Kurso duomenų pateikimas	32
16 pav. Kurso duomenų pateikimas (II)	33
17 pav. Kairiosios šoninės juostos dalis	33
18 pav. Pratimo aprašymas	34
19 pav. Pratimų informacijos pateikimas	35
20 pav. Pratimo aprašymas	35
21 pav. Prisegtų failų valdymas atliekant pratimą	36
22 pav. Vartotojų skirtukas	37
23 pav. Vartotojo aprašymo langas	37
24 pav. Veiksmai vartotojams	38
25 pav. Vartotojo duomenų pateikimas	38
26 pav. Pradinis ekranas ir registracijos forma	40
27 pav. Slaptažodžio atkūrimas	40
28 pav. Kalbos pasirinkimas	41
29 pav. Kurso atrakinimas	41
30 pav. Kurso atidarymas	42
31 pav. Kurso pašalinimas	42
32 pav. Pratimų pasirinkimas (kairėje) ir vieno pratimo vaizdų galerija (dešinėje)	43
33 pav. Išteklių failas	43
34 pav. Galerija	44
35 pav. 3D vizualizacijos pavyzdys	44
36 pav. Papildytos realybės vizualizacija	45
37 pav. Visų kursų QR kodas	45
38 pav. Modelių pavyzdžiai	46
39 pav. Failo importavimas į Blender	46
40 pav. Transformavimas	47
41 pav. Objekto duomenų ypatybės	47



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union N° 2019-1-LT01-KA202-060471







42 pav.	Redagavimo režimo pasirinkimas	. 48
43 pav.	Briauny pasirinkimas	. 48
44 pav.	Pasirinktos briaunos	. 49
45 pav.	Briaunos padalijimo komanda	. 49
46 pav.	Fiksuotas modelis	. 50









Lentelių rodyklė

1 lentelė.	Vizualinio apdorojimo papildomų veiksnių struktūra (Gv) (Schneider & McGrew, 2012)
	7
2 lentelė.	CHC teorijoje nepateikti papildomi veiksniai (Schneider & McGrew, 2012)
3 lentelė.	Papildomi veiksniai, kuriuos galima pagerinti atliekant SPACAR pratimus
4 lentelė.	Originaliosios Bloom taksonomijos struktūra pažinimo srityje
5 lentelė.	Bloom taksonomija inžineriniame techniniame brėžinyje (Violante ir kt., 2020) 15
6 lentelė.	Vartotojų tipai ir jų teisės









1. Jvadas

Akademiniu požiūriu 3D erdvinių įgūdžių ugdymą daugelis autorių nurodė ir pripažino kaip pagrindinį veiksnį daugelyje mokslo ir technikos disciplinų (Metz ir kt., 2012; Wai ir kt., 2009). Nuoseklūs tyrimai parodė, kad geri erdviniai įgūdžiai yra tiesiogiai susiję su akademine sėkme gamtos mokslų, technologijų, inžinerijos ir matematikos srityse (Adanez & Velasco, 2002; Sorby, 1990; Strong & Smith, 2001; Xiao ir kt., 2018).

Nors daugelis dėstytojų vis dar daugiausia remiasi paskaitomis ir tradicine mokymo praktika bei laboratorinėmis sesijomis, vis daugiau empirinių tyrimų rodo, kad didaktinėmis paskaitomis nebūtinai pavyksta suprasti sudėtingas sąvokas (Terenzini & Pascareua, 1994) ir kad mokymasis gali būti pagerintas, kai dėstytojai taiko mokymo strategijas, kurios yra interaktyvios (Arafeh & Levin, 2003), orientuotos j studentą ir naudojamasi esamomis technologijomis (Kolb, 2014). Kaip teigė Millar (2003), geras mokymas reikalauja nuolatinių kūrybinių pastangų. Šiuo atžvilgiu papildytos realybės (AR) technologija yra patrauklus ir įtraukiantis šaltinis, papildantis ir patobulinantis tradicinę mokymo medžiagą, dažniausiai pagrįstą pieštuko ir popieriaus pratimais, kartu lavinant vizualizacijos, jsivertinimo ir savarankiško mokymosi jgūdžius (Chen ir kt., 2011; Martín-Gutiérrez ir kt., 2010).

2. Erdviniai gebėjimai

Erdviniai gebėjimai, kaip vienas iš pagrindinių žmogaus intelekto komponentų, yra gerai ištirta psichologijos tema. Tai reiškia, kad literatūroje galima rasti įvairių požiūrių ir klasifikacijų jai analizuoti. Kai kurie autoriai (Linn & Petersen, 1985; Lohman & Kyllonen, 1983) skirsto erdvinius gebėjimus į keletą sugebėjimų, kurių kiekvienas nurodo skirtingus aspektus: "erdvinis ryšys" - tai gebėjimas suvokti dviejų ar daugiau objektų padėtį erdvėje jų pačių ir vienas kito atžvilgiu (Thurstone, 1938); "erdvinė vizualizacija" yra susijusi su gebėjimu manipuliuoti sudėtinga erdvine informacija, kai reikia kelių etapų, tam, kad būtų pasiektas teisingas sprendimas; "erdvinė orientacija" reiškia gebėjimą atlikti užduotis, kuriose tam tikras objektas arba objektų grupė turi būti jsivaizduojami iš kitos perspektyvos.

Kiti autoriai (Olkun, 2003; Pellegrino ir kt., 1984) supaprastina šią klasifikaciją, apribodami ją tik dviem kategorijomis: "erdviniai ryšiai", apimantys anksčiau aprašytą erdvinį ryšį ir erdvinę orientaciją, ir "erdvinė vizualizacija", kaip psichologinis manipuliavimas ir dirgiklių, susidedančių iš daugiau nei vienos dalies arba judančių dalių, integravimas, kai vyksta judėjimas tarp sudėtingos konfigūracijos vidinių dalių ir (arba) plokščių paviršių sulankstymas bei išskleidimas.

Vadovaujantis naujausiais žmogaus intelekto tyrimų metodais, iš psichometrinės perspektyvos, erdviniai gebėjimai identifikuojami kaip antros eilės veiksnys, vadinami vizualiniu apdorojimu (Gv), kurio papildomų veiksnių struktūra pateikta 1 paveikslėlyje.





1 pav. Vizualinio apdorojimo faktorių struktūra CHC teorijoje (Buckley ir kt., 2019)

Cattell-Horn-Carroll (CHC) intelekto modelis (Schneider & McGrew, 2012) apibrėžia vizualinį apdorojimą (Gv) kaip galimybę, sprendžiant problemas, panaudoti imituotus mentalinius vaizdus (dažnai kartu su tikrais suvokiamais vaizdais). Išsami jo papildomų veiksnių struktūra pateikta 1 lentelėje.

1 lentelė.	Vizualinio apdorojimo papildomų veiksnių struktūra (Gv) (Schneider & McGrew,
	2012)

Papildomas veiksnys	Apibrėžimas
Vizualizacija (VZ)	Gebėjimas suvokti sudėtingus modelius ir mintyse imituoti, kaip jie gali atrodyti juos transformavus (pvz., pasukus, pakeitus dydį, iš dalies užtemdžius)
Pagreitintas sukimasis (erdviniai santykiai) (SR)	Gebėjimas greitai išspręsti problemas sukant paprastus vaizdus
Uždarymo greitis (CS)	Gebėjimas greitai atpažinti pažįstamą ir reikšmingą vaizdinį objektą iš nepilnų (pvz., neaiškių, iš dalies uždengtų, nenuoseklių) vizualinių dirgiklių, iš anksto nežinant, koks tai yra objektas
Uždarymo lankstumas (CF)	Gebėjimas atpažinti vaizdinę figūrą ar paviršių, įterptą į sudėtingą, dėmesį blaškantį ar užmaskuotą vaizdinį modelį, iš anksto žinant, kas tai yra
Vaizdinė atmintis (MV)	Gebėjimas įsiminti sudėtingus vaizdus per trumpą laiką (mažiau nei 30 sekundžių)
Erdvinis skenavimas (SS)	Gebėjimas įsivaizduoti kelią iš labirinto ar lauko su daugybe kliūčių
Serijinė suvokimo	Gebėjimas atpažinti objektą po to, kai greitai iš eilės parodomos tik jo
integracija (PI)	dalys
Ilgio įvertinimas (LE)	Gebėjimas vizualiai įvertinti objektų ilgį
Suvokimo iliuzijos (IL)	Gebėjimas nebūti paveiktam vizualinių iliuzijų
Suvokimo pokyčiai (PN)	Skirtingų vizualinių suvokimų kaitos greičio nuoseklumas
Vaizdiniai (IM)	Gebėjimas mintyse sukurti labai ryškius vaizdus



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union N° 2019-1-LT01-KA202-060471



Erasmus+



Kiti pastarųjų metų tyrinėtojai, analizuodami erdvinius gebėjimus, pridėjo judančių arba dinaminių dirgiklių. Be to, 2 lentelėje pateiktas kitų galimų papildomų veiksnių, kuriuos svarstė kiti tyrėjai, sąrašas, susijęs su vizualiniu apdorojimu (Gv), neįtrauktu į CHC teoriją. Šis sąrašas grafiškai išdėstytas 2 paveiksle.

Papildomas veiksnys	Apibrėžimas
Erdviniai ryšiai	Gebėjimas spręsti problemas naudojant sudėtingų vaizdų mentalinį sukimąsi santykinai laiko neapibrėžtoje situacijoje
Erdvinė orientacija	Elementų išdėstymo vizualinio dirgiklio šablone supratimas, gebėjimas nesipainioti dėl besikeičiančių orientacijų, kuriomis gali būti pateikta erdvinė konfigūracija, ir gebėjimas nustatyti erdvinę orientaciją savo kūno atžvilgiu (McGee, 1979).
Vaizdo kokybė	Gebėjimas sukurti mentalinį vaizdą, pridėti ir (arba) atimti iš vaizdo detales, pasukti, išlaikyti ir transformuoti vaizdą nurodytais būdais (Burton & Fogarty, 2003)
Vaizdo greitis	Procesų, susijusių su mentalinių vaizdų generavimu, valdymu ir transformavimu, efektyvumas (Burton & Fogarty, 2003)
Formos ir krypties iliuzijos	Gebėjimas neapsigauti dėl tariamų formos iškraipymų, lygiagretumo ir kolineariškumo, tokių kaip Poggendorff, Wundt ir Zoellnerio iliuzijos (Coren ir kt., 1976)
Dydžio kontrasto iliuzijos	Gebėjimas neapsigauti dėl tariamų iškraipymų, kai matomas elemento dydis turi įtakos kitų, jį supančių elementų, dydžiui. Pavyzdžiui, Delboeuf, Ebbinghaus, Jastrow ir Ponzo iliuzijos (Coren ir kt. al., 1976)
Pervertinimo iliuzijos	Gebėjimas nebūti paveiktam tiesinių dydžių pervertinimo iliuzijų, tokių kaip Muellerio-Lyerio iliuzija ir abi Baldwin iliuzijos dalys (Coren ir kt., 1976)
Neįvertinimo iliuzijos	Gebėjimas nebūti paveiktam tiesinio neįvertinimo iliuzijų dydžio, tokio kaip akivaizdžiai trumpesnis Oppel-Kundt iliuzijos segmentas (Coren ir kt., 1976)
Atskaitos iliuzijų rėmas	Gebėjimas nebūti paveiktam atskaitos iliuzijų, tokių kaip strypo ir rėmo iliuzija (Coren ir kt., 1976)
Kryptinis sprendimas	Gebėjimas atlikti užduotis, susijusias su krypčių numatymu (Colom ir kt., 2002)
Greičio įvertinimas	Gebėjimas atlikti užduotis, susijusias su judančių objektų atvykimo laiko numatymu (Colom ir kt., 2002)
Judesio aptikimas	Gebėjimas aptikti vos matomą objekto judėjimą ir nustatyti šio judėjimo kryptį (Roff, 1953)
Dinaminė vizualinė atmintis	Gebėjimas įsiminti sudėtingus dinamiškus vaizdus per trumpą laiką (mažiau nei 30 s)
Dinaminė serijinė suvokimo integracija	Gebėjimas atpažinti dinaminį objektą, kai greitai iš eilės parodomos tik jo dalys
Dinaminis erdvinis nuskaitymas	Gebėjimas įsivaizduoti kelią iš dinamiško labirinto arba lauko su daugybe kliūčių
Dinaminiai suvokimo pokyčiai	Skirtingo vizualinio dinaminio stimulo suvokimo kaitos greičio nuoseklumas

2 lentelė. CHC teorijoje nepateikti papildomi veiksniai (Schneider & McGrew, 2012)



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union N° 2019-1-LT01-KA202-060471



2 pav. Išplėstinė vizualinio apdorojimo papildomų faktorių struktūra (Gv) (Buckley ir kt., 2019)

SPACAR projekto kontekste plėtojami ištekliai padės pagerinti statinius veiksnius. Atsižvelgiant į šiuos veiksnius, galima mokymo (mokymosi) veikla turės įtakos 3 lentelėje nurodytiems veiksniams.

Papildomas veiksnys	Apibrėžimas
Vizualizacija	Gebėjimas suvokti sudėtingus modelius ir mintyse imituoti, kaip jie gali atrodyti juos transformavus (pvz., pasukus, pakeitus dydį, iš dalies užtemdžius)
Pagreitintas sukimasis	Gebėjimas greitai išspręsti problemas sukant paprastus vaizdus
Uždarymo greitis	Gebėjimas greitai atpažinti pažįstamą ir reikšmingą vaizdinį objektą iš nepilnų (pvz., neaiškių, iš dalies uždengtų, nenuoseklių) vizualinių dirgiklių, iš anksto nežinant, koks tai yra objektas.
Vaizdinė atmintis	Galimybė įsiminti sudėtingus vaizdus per trumpą laiką (mažiau nei 30 sekundžių)
Erdvinis skenavimas	Gebėjimas įsivaizduoti kelią iš labirinto ar lauko su daugybe kliūčių
Erdviniai ryšiai	Gebėjimas spręsti problemas naudojant sudėtingų vaizdų mentalinį sukimąsi santykinai laiko neapibrėžtoje situacijoje
Erdvinė orientacija	Elementų išdėstymo vizualinio modelio supratimas, gebėjimas nesipainioti dėl besikeičiančių orientacijų, kuriomis gali būti pateikta erdvinė konfigūracija, ir gebėjimas nustatyti erdvinę orientaciją savo kūno atžvilgiu (McGee, 1979)
Vaizdo kokybė	Gebėjimas sukurti mentalinį vaizdą, pridėti ir (arba) atimti iš vaizdo detales, pasukti, išlaikyti ir transformuoti vaizdą nurodytais būdais (Burton & Fogarty, 2003)
Vaizdo greitis	Procesų, susijusių su mentalinių vaizdų generavimu, valdymu ir transformavimu, efektyvumas (Burton & Fogarty, 2003)

3 lentelė. Papildomi veiksniai, kuriuos galima pagerinti atliekant SPACAR pratimus



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union N° 2019-1-LT01-KA202-060471







3. Erdvinių gebėjimų matavimas

Erdvinių gebėjimų matavimas yra standartizuotas tarptautiniais testais, kurie buvo plačiai analizuojami per pastaruosius 20 metų (Nagy-Kondor, 2017). Šioje dalyje bus aprašyti dažniausiai naudojami instrumentai, susiję su inžinerijos studentų erdvinių gebėjimų ugdymo studijomis (Marunić & Glažar, 2014).

3.1 Sąlyginio pjūvio testas (MCT)

Standartinis MCT (CEEB, 1939) susideda iš 25 elementų. Kiekviename elemente (žr. pavyzdį 3 pav.) pateikiama objekto perspektyva ir pjovimo plokštuma. Tiriamasis turi pasirinkti tinkamą figūrą, vaizduojančią atitinkamą pjūvį.

Kai kurie objektai yra gana neįprastos formos ir kai kuriais atvejais labai sunku atpažinti pjovimo plokštumos padėtį objekto atžvilgiu (Tsutsumi, 2004). MCT trunka 20 minučių, o maksimalus galimas rezultatas yra 25 balai.



3 pav. MTC elemento pavyzdys

3.2 Mentalinio sukimo testas (MRT)

MRT (Vandenberg & Kuse, 1978) susideda iš 20 elementų (žr. pavyzdį 4 pav.), suskirstytų į du lygius rinkinius, kurių kiekvieno atlikimo laikas yra trys minutės. Kiekvienas elementas susideda iš penkių pavyzdžių, įskaitant modelį, kurį sudaro trimačiai kubeliai, ir keturios alternatyvos (dvi teisingos ir dvi neteisingos). Tinkamos alternatyvos yra struktūriškai identiškos modeliui, bet rodomos pasuktoje padėtyje. Dalyvių prašoma rasti dvi teisingas alternatyvas. Už kiekvieną elementą, pasirinkus dvi teisingas, suteikiami du taškai. Vienas taškas gaunamas, jei pasirinkta tik viena iš alternatyvų ir ji yra teisinga, o taškai neskiriami, jei viena iš dviejų alternatyvų yra teisinga, o kita ne, arba jei abi yra neteisingos. Maksimalus balų skaičius, kurį galima gauti, yra 40.



4 pav. MRT elemento pavyzdys









3.3 Sugebėjimo atskirti testas: erdviniai ryšiai (DAT: SR)

DAT: SR (Bennet ir kt., 1956) susideda iš 50 elementų (žr. pavyzdį 5 pav.), o užduotis yra pasirinkti tinkamą 3D objektą iš keturių alternatyvų, kurios būtų gautos sulankstant pateiktą išskleistą formą. DAT: SR testas trunka 20 minučių, o galimas maksimalus rezultatas yra 50 balų.



5 pav. DAT: SR elemento pavyzdys

3.4 Purdue erdvinės vizualizacijos testai: pasukimai (PSVT: R) ir pataisyta versija

PSVT: R (Gvajus, 1977) susideda iš 30 elementų ir užtrunka 20 minučių. Kiekvienam elementui duotas objektas pasukamas erdvėje. Tada pateikiamas penkių pasirinkimų rinkinys, rodantis pasuktą antrojo objekto versiją. Tiriamieji turi pasirinkti tokį variantą, kad antrasis objektas erdvėje būtų pasuktas tiek pat, kiek ir pirmasis objektas (žr. pavyzdj 6 pav.).



6 pav. PSVT: R elemento pavyzdys

Patikslintas Purdue erdvinės vizualizacijos testas: pasukimų vizualizacija (peržiūrėta PSVT: R) (Yoon, 2011) yra pataisyta PSVT: R versija. Priemonę sudaro 2 praktinės užduotys, po kurių seka 30 testinių užduočių, kurias sudaro 13 simetriškų ir 17









asimetrinių trimačių objektų figūrų, nubrėžtų izometrine perspektyva. Atnaujintoje versijoje pakeistos figūros, o užduotys pakeistos iš lengvų į sudėtingas.

3.5 Purdue erdvinės vizualizacijos testai: vizualizacija (PSVT: V)

PSVT: V (Gvajus, 1977) susideda iš 30 elementų. Dalyviai turi vizualizuoti objektą, jrėmintą į permatomą dėžutę, iš tam tikro kampo, pažymėto tašku. Siūlomos penkios alternatyvos. Tik viena yra teisinga.



7 pav. PSVT: V elemento pavyzdys

3.6 Purdue erdvinės vizualizacijos testai: kūrimas (PSVT: D)

PSVT: D (Guay, 1977) susideda iš 30 elementų, kuriuose parodoma objekto kaita. Dalyviai turi pasirinkti vieną iš 5 aksonometrinės projekcinės variantų, kuris atitinka pateiktą objektą. Tik viena alternatyva yra teisinga.



8 pav. PSVT: D elemento pavyzdys



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union N° 2019-1-LT01-KA202-060471







3.7 Erdvinės orientacijos testas (SOT)

Erdvinės orientacijos testą (Hegarty ir Waller, 2005) sudaro 12 elementų. Viršutinėje popieriaus lapo pusėje nupiešti septyni objektai, atitinkantys kiekvieną elementą (žr. 9 pav.). Dalyvių prašoma įsivaizduoti, kad jie yra vieno objekto (atskaitos taško) padėtyje priešais į kitą objektą, o tada bandyti nurodyti kryptį į trečiąjį objektą (taikinį). Dalyviai pateikia savo atsakymą naudodami apskritimą, nupieštą apatinėje puslapio pusėje. Pavyzdžiui, įsivaizduojamas atskaitos taškas yra gėlės ženklas, o tikslinis objektas yra medis. Jei taikinys yra katė, dalyvis turėtų nubrėžti punktyrinę liniją, kaip parodyta 9 paveiksle, kad pateiktų teisingą atsakymą.

Kiekvieno elemento balas gaunamas išmatuojant absoliutų nuokrypį laipsniais tarp dalyvio atsakymo ir teisingos krypties į tikslą (absoliuti krypties paklaida). Bendras dalyvio balas apskaičiuojamas kaip vidutinis visų bandytų elementų nuokrypis.



9 pav. Erdvinės orientacijos testo bandomasis elementas









4. Pedagoginė struktūra

Inžinerinės grafikos disciplina siūlo daugybę alternatyvų, kaip sukurti konkretų didaktinį turinį, skirtą erdviniams įgūdžiams lavinti. Vienas iš pagrindinių pratimų šaltinių yra geometrinės operacijos (projekcija + pjūvis), kurios sujungia 3D objektą su jo atvaizdavimu 2D formatu. Geometrinės transformacijos, tokios kaip sukimas ir simetrija, taip pat suteikia gerų praktikos galimybių. 3D CAD modeliavimas taip pat yra geras pratybų pagrindas. Modeliavimo procesas reikalauja specifinių įgūdžių, kad būtų galima nustatyti formos ypatybes, kurias derinant su tinkamais Boolean operatoriais, sukuriamas teisingas 3D modelis, kuriame virtualiai atvaizduojama tikroji 3D dalis.

Siekiant prasmingai organizuoti didaktinį turinį, mokymo veiklai organizuoti bus panaudota Bloom taksonomija (Bloom ir kt., 1956). Nors yra keletas naujų pasiūlymų (Krathwohl, 2002), persvarstant pradinę taksonomiją, atsižvelgiant į plačiai paplitusią versiją ir ankstesnius darbus, siejančius ją su inžinerinės grafikos sritimi (Violante ir kt., 2020), šiame dokumente bus vadovaujamasi originaliąja taksonomija, kaip nurodyta 4 lentelėje.

Lygiai	Polygiai
1. Žinios	
	1.1 Konkrečios žinios
	1.11 Terminologijos išmanymas
	1.12 Konkrečių faktų žinojimas
	1.2 Specifinių sprendimų būdų ir priemonių išmanymas
	1.21 Susitarimų išmanymas
	1.22 Tendencijų ir sekų išmanymas
	 1.23 Klasifikacijų ir kategorijų išmanymas
	1.24 Kriterijų išmanymas
	1.25 Metodologijos išmanymas
	1.3. Universalių sąvokų ir abstrakcijų išmanymas
	1.31 Principų ir apibendrinimų išmanymas
	1.32 Teorijų ir struktūrų išmanymas
2. Supratimas	
	2.1 Vertimas
	2.2 Aiškinimas
	2.3 Ekstrapoliacija
Taikymas	
4. Analizė	
	4.1 Elementų analizė
	4.2 Santykių analizė
	4.3 Organizacinių principų analizė
5. Sintezė	
	5.1 Unikalios komunikacijos kūrimas
	5.2 Konkrečių veiksmų plano sudarymas
	5.3 Abstrakčių santykių sekos išvedimas
6. Įvertinimas	
	6.1 Vertinimas pagal vidinius įrodymus
	6.2 Sprendimai pagal išorinius kriterijus

4 lentelė. Originaliosios Bloom taksonomijos struktūra pažinimo srityje



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union N° 2019-1-LT01-KA202-060471







5 lentelė. Bloom taksonomija inžineriniame techniniame brėžinyje (Violante ir kt., 2020)

			Klausimų pavyzdžiai apie
Lygiai	Aprašymas	Raktiniai žodžiai	ortografinės projekcijos
			metodus
1. Žinios	Prisiminti pagrindinius terminus, faktus, metodus, procedūras, sąvokas, anksčiau išmoktą medžiagą	cituoti, apibrėžti, identifikuoti, pažymėti, išvardyti, priskirti, pavadinti, atpažinti, atkurti, pasirinkti, nurodyti	 Eskize parašykite kiekvieno vaizdo pavadinimą Išvardykite pagrindinius projekcijos metodų tipus Suderinkite tinkamą simbolį su atitinkamu projekcijos metodu
2. Supratimas	Suprasti pateiktos informacijos (terminų, faktų, metodų, procedūrų, sąvokų) naudojimą	klasifikuoti, konvertuoti, apibūdinti, atskirti, paaiškinti, išplėsti, pateikti pavyzdžių, interpretuoti, perfrazuoti, apibendrinti	 Taikant pirmojo kampo projekcijos metoda, vaizdas, matomas iš kairės, dedamas: (a) virš vaizdo iš priekio, (b) vaizdo iš priekio dešinėje, (c) virš vaizdo iš viršaus, (d) po vaizdu iš priekio. Kuriame iš šių projektavimo metodų nenaudojami statmeni projekcijų plokštumai projektavimo spinduliai: a) izometrinis, (b) ortografinis, (c) įstrižas, (d) aksonometrinis?
3. Taikymas	Taikyti strategijas, koncepcijas, principus ir teorijas konkrečiose situacijose. Išspręsti problemas. Taikyti teoriją	taikyti, sutvarkyti, apskaičiuoti, atlikti, konstruoti, demonstruoti, atrasti, vykdyti, įgyvendinti, modifikuoti, eksploatuoti, numatyti,	 Kiekviename langelyje su raidėmis apskritimas žymi trūkstamo vaizdo vietą. Iš siūlomų vaizdų pasirinkite tinkamą vaizdą Kiekvienoje rodomoje eilutėje pasirinkite objekto paveikslėlio vaizdą, kuriame
		paruošti, gaminti, susieti, parodyti, išspręsti, naudoti	pateikiame ortografiniai vaizdai
4. Analizė	Suskaidyti informaciją į sudedamąsias dalis, siekiant nustatyti ryšius	analizuoti, susieti, nustatyti, atskirti, palyginti, įvertinti, daryti išvadą, išdėstyti, nurodyti, suskirstyti, eskizuoti, parodyti	 Palyginkite pirmojo kampo projekcijos metodą su trečiojo kampo projekcijos metodu
5. Sintezė	Surinkti informaciją kitu būdu, derinant elementus pagal naują modelį arba siūlant alternatyvius sprendimus	sujungti, sudaryti, konstruoti, kurti, projektuoti, sugalvoti, suformuluoti, integruoti, išrasti, modifikuoti, organizuoti, planuoti, gaminti, pasiūlyti, pertvarkyti, peržiūrėti, perrašyti,surinkti, plėtoti, tobulinti	 Suformuluokite reikiamą vaizdų skaičių, reikalingą norint visiškai apibūdinti objektą, naudojant 1-ojo kampo projekcijos metodą
6. Įvertinimas	Įvertinti idėjų, medžiagų ir metodų naudingumą, kuriant ir taikant standartus bei kriterijus	įvertinti, patikrinti, daryti išvadą, supriešinti, kritikuoti, vertinti, iškelti hipotezę, pagrįsti, išbandyti, pateisinti, išbandyti	 Patikrinkite, ar brėžinio projekcijos, pateiktos paveikslėliuose, buvo panaudotos tinkamai

Šio dokumento 2 skyriuje vizualinis apdorojimas (Gv) buvo apibrėžtas kaip galimybė, sprendžiant problemas, naudoti imituotus mentalinius vaizdus (dažnai kartu su tikrais suvokiamais vaizdais). SPACAR projekto tikslas - sukurti intelektinių produktų rinkinį, skatinantį vizualinių vaizdų panaudojimą, sprendžiant inžinerinės grafikos disciplinos problemas. Kuriant šiuos pratimus, galima vadovautis 5 lentelėje







pateikiamais pavyzdžiais techninės grafikos kontekste, padedančiais suprasti Bloomo taksonomijos lygius. Pasirinkę pratimus pagal atitinkamą Bloomo lygį, mokytojai gali juos pritaikyti įvairiems išsilavinimo lygiams ir kontekstams. Papildyta realybė padės suprasti užduotį ir atlikti veiksmus, reikalingus jai išspręsti.

4.1 Projektavimo principai

💭 Erasmus+

Projekto intelektiniai produktai (pratimai) bus taikomi pagal šiuos principus:

- 1. Pagrindinis pratybų tikslas gerinti besimokančiųjų erdvinius gebėjimus naudojant šiuos išteklius.
- 2. Pratimai yra pagrjsti 2-6 Bloomo lygiais ir bus pateikiami besimokantiems pagal jų "ankstesnes" žinias.
- 3. Pratimai siūlomi pagal jų sudėtingumo lygį. Kiekvienam Bloomo lygiui bus sukurti vis sudėtingesni pratimų rinkiniai. Sunkumo lygiui išmatuoti turėtų būti naudojamas objektyvus etalonas, pvz., pratimo geometrijos sudėtingumas.
- 4. Pratimai besimokantiems bus teikiami palaipsniui, pradedant Bloomo 2 lygiu ir baigiant 6 lygiu.
- 5. Kiek įmanoma, eskizų kūrimo veikla turėtų būti integruota į pratimus, jvertinant tai, kad jie taip pat prisideda prie erdvinių gebėjimų ugdymo (Mohler ir Miller, 2008).
- 6. Elementai iš erdvinių gebėjimų testų, naudojamų šio dokumento 6 skirsnyje aprašytame patvirtinimo tyrime, neturėtų būti įtraukti į jokius pratimus.

4.2 Pratimy taksonomija

Siekiant padėti projekto dalyviams tobulinti intelektinius produktus, šiame skyriuje pateikiami keli veiklos pavyzdžiai, suskirstyti pagal jų pažinimo lygį Bloomo taksonomijoje. Šis sąrašas nėra baigtinis ir gali būti išplėstas būsimose šio dokumento versijose.

Supratimo lygis (2)

Kai kurios šiam lygiui tinkamos veiklos yra:

- Ortografinio ir aksonometrinio trimačio virtualaus objekto, naudojamo kaip įvestis, paviršių ir viršūnių identifikavimas.
- Ortografinių vaizdų identifikavimas iš virtualaus trimačio modelio, naudojamo kaip jvestis.
- Besisukančio kūno geometrinės formos nustatymas pagal pjūvį, ašį ir kampą.
- Boolean pritaikytos objektams, operacijos, keliems rezultato identifikavimas.
- Kodavimu apibrėžtų blokinės struktūros objektų izometrinis eskizas (Connolly ir kt., 2009).









Taikymo lygis (3)

Kai kurios šiam lygiui tinkamos veiklos yra:

- Ortografinių vaizdų kūrimas (su paslėptomis linijomis ir be jų) iš perspektyvos: didėjančio sudėtingumo objektas (gretasieniai, viengubos ir dvigubos pasvirusios plokštumos, cilindriniai paviršiai).
- Pasuktos objekto versijos (sukimosi grandinės) identifikavimas.
- Simetriškos objekto versijos identifikavimas ir braižymas.

Analizės lygis (4)

Kai kurios šiam lygiui tinkamos veiklos yra:

- Dalių identifikavimas ir numeravimas surinkimo brėžiniuose.
- Prizmių dalių, naudojamų kaip konstrukciniai blokai, identifikavimas.
- Objektų kaitos identifikavimas.

Sintezės lygis (5)

Kai kurios šiam lygiui tinkamos veiklos yra:

- Konstruktyvios kūnų geometrijos (CSG) žingsnių, reikalingų 3D modeliui sukurti, paaiškinimas.
- Ortografinių vaizdų perspektyvų kūrimas.
- Topografinių žemėlapių interpretavimas.
- Objekto identifikavimas pagal jo kaitą.
- Pastato ar infrastruktūros projekto BIM modelio sukūrimas naudojant brėžinius kaip įvestį.

Jvertinimo lygis (6)

Kai kurios šiam lygiui tinkamos veiklos yra:

- Surinkimo dalių suderinamumas su išskleistais vaizdais.
- CSG medžio galimybė vaizduoti modelį.
- Pjūvių ir vaizdų, naudojamų objektui apibrėžti, skaičiaus ir turinio teisingumo jvertinimas

4.3 Suderinimas su siūloma intelektinio produkto struktūra

Projekto SPACAR intelektinis produktas suskirstytas į penkias pagrindines dalis:

- IO1: Geometrinių kūnų kirtimas plokštumomis.
- IO2: Geometrinių paviršių sankirtos.
- IO3: Ortografinės projekcijos.
- IO4: Mašinų detalių elementų braižymas.
- IO5: Architektūriniai ir konstrukciniai brėžiniai.

Kiekviena iš penkių dalių siūlo daugybę galimybių pritaikyti skirtingus 4.2 skyriuje išvardytus pratimų tipus. 103, 104 ir 105 dalių pratimus, kurie yra sudėtingesni, galima pritaikyti visiems Bloomo taksonomijos pažinimo lygiams.









5. Pratimų formatas

Kiekviename pratime turi būti pateikiama ši informacija:

- Intelektinio produkto identifikavimas.
- Pratimo numeris.
- Pavadinimas.
- Apibūdinimas/aprašymas.
- Skaitmeniniai failai.
- Rezultatas.
- Išankstinės žinios, reikalingos pratimui išspręsti.
- Papildytos realybės turinio aprašymas.

3D turinys, kuris bus rodomas naudojant papildytąją realybę, turėtų būti pateiktas naudojant FBX arba OBJ failų formatus. Pratimams kurti buvo sudarytas word šablonas. Pratimų, naudojant šį šabloną, pavyzdžiai pateikti 1 priede.

6. Validavimo sistema

Projekto intelektinės veiklos efektyvumui įvertinti rekomenduojama taikyti kvazieksperimentinį tyrimą (Campbell & Stanley, 2015), nes sunku pritaikyti atsitiktinį tiriamųjų (studentų) priskyrimą eksperimentinei arba kontrolinei grupei. Kai kurie universitetai ir profesinio mokymo centrai, dalyvaujantys SPACAR projekte, arba kiti centrai, dalyvaujantys vykdant projekto sklaidos veiklą, galėtų siūlyti studentus eksperimentiniam tyrimui.

10 paveikslėlyje pateikta schema su eksperimentiniu planu. Kalbant apie naudotinus pre-testą ir post-testą, atsižvelgiant į ankstesniuose tyrimuose dažniausiai naudotus testus, jungiančius erdvinių gebėjimų ugdymą ir inžinerinį ugdymą, rekomenduojama naudoti:

- Patikslinti Purdue erdvinės vizualizacijos testai: rotacijos (peržiūrėtas PEVT: R).
- Diferencinis tinkamumo testas: erdviniai ryšiai (DTT: ES).
- Erdvinės orientacijos testas (SOT).









10 pav. Eksperimentinis projektas

Norint išanalizuoti SPACAR rezultatų įtaką studentų motyvacijai, rekomenduojama tuo pačiu metu, kai atliekami post-testai, atlikti mokomosios medžiagos motyvacijos tyrimą (IMMS). IMMS yra pagrįstas ARCS (dėmesio, aktualumo, pasitikėjimo ir pasitenkinimo) modeliu (Keller, 2010). MMMT sudaro 36 elementai.

Norint surinkti subjektyvius studentų atsiliepimus apie papildytos realybės programėlę (eksperimentinė grupė), rekomenduojama naudoti papildytos realybės vertinimo vadovą (HARUS) (Santos ir kt., 2015).

Rezultatai, gauti atliekant validavimą, padidins SPACAR projekto matomumą ir poveikį, suteiks papildomos projekto rezultatų sklaidos galimybes mokslinėse konferencijose ir žurnaluose.









7. Nuorodos

- Adanez, G. P., & Velasco, A. D. (2002). Predicting academic success of engineering students in technical drawing from visualization test scores. Journal of Geometry and Graphics, 6(1), 99-109.
- Arafeh, S., & Levin, D. (2003). The digital disconnect: The widening gap between internet-savvy students and their schools. Society for Information Technology & Teacher Education International Conference, 1002–1007.
- Bennet, G. K., Seashore, H. G., & Wesman, A. G. (1956). The differential aptitude tests: An overview. The Personnel and Guidance Journal, 35(2), 81–91. https://doi.org/10.1002/j.2164-4918.1956.tb01710.x
- Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Walker, H. H., & Krathwohl, D. R. (1956). Taxonomy of educational objectives. Vol. 1: Cognitive domain. In New York: МсКау.
- Buckley, J., Seery, N., & Canty, D. (2019). Spatial cognition in engineering education: developing a spatial ability framework to support the translation of theory into practice. European Journal of Engineering Education, 44(1–2), 164–178. https://doi.org/10.1080/03043797.2017.1327944
- Burton, L. J., & Fogarty, G. J. (2003). The factor structure of visual imagery and spatial abilities. Intelligence, 31(3), 289-318.
- Campbell, D. T., & Stanley, J. C. (2015). Experimental and quasi-experimental designs for research. Ravenio Books.
- CEEB. (1939). Special Aptitude Test in Spatial Relations. College Entrance Examination Board New York.
- Chen, Y.-C., Chi, H.-L., Hung, W.-H., & Kang, S.-C. (2011). Use of tangible and augmented reality models in engineering graphics courses. Journal of Professional *Issues in Engineering Education & Practice*, 137(4), 267–276.
- Colom, R., Contreras, M., Botella, J., & Santacreu, J. (2002). Vehicles of spatial ability. Personality and Individual Differences, 32(5), 903–912.
- Connolly, P., Harris, L. V. A., & Sadowski, M. (2009). Measuring and enhancing spatial visualization in engineering technology students. ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings. https://peer.asee.org/4712
- Coren, S., Girgus, J. S., Erlichman, H., & Hakstian, A. R. (1976). An empirical taxonomy of visual illusions. Perception & Psychophysics, 20(2), 129–137.
- Guay, R. B. (1977). Purdue spatial visualization test-visualization of rotations. W. Lafayette, IN. Purdue Research Foundation.
- Hegarty, M., & Waller, D. (2005). Individual differences in spatial abilities. The Cambridge Handbook of Visuospatial Thinking, 121–169.
- Keller, J. M. (2010). *Motivational Design for Learning and Performance*. 21–42. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1250-3
- Kolb, D. A. (2014). Experiential learning: Experience as the source of learning and development. FT press.
- Krathwohl, D. R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. Theory into









Practice, *41*(4), 212–218.

- Linn, M. C., & Petersen, A. C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis. Child Development, 1479–1498.
- Lohman, D. F., & Kyllonen, P. C. (1983). Individual differences in solution strategy on spatial tasks. Individual Differences in Cognition, 1, 105–135.
- Martín-Gutiérrez, J., Contero, M., & Alcañiz, M. (2010). Intelligent Tutoring Systems. In V. Aleven, J. Kay, & J. Mostow (Eds.), Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics) (Vol. 6094, Issue PART 1, pp. 296-306). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-13388-6
- Marunić, G., & Glažar, V. (2014). Improvement and assessment of spatial ability in engineering education. Engineering Review. University of Rijeka, 34(2), 139–150.
- McGee, M. G. (1979). Human spatial abilities: Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences. Psychological Bulletin, 86(5), 889.
- Metz, S. S., Donohue, S., & Moore, C. (2012). Spatial skills: A focus on gender and engineering. International Journal of Science Education, 31, 3.
- Millar, S. B. (2003). Effecting faculty change by starting with effective faculty: Characteristics of successful STEM education innovators. National Research Council, Improving Undergraduate Instruction in Science, Technology, Engineering, and Mathematics: Report of a Workshop, 101–117.
- Mohler, J. L., & Miller, C. L. (2008). Improving spatial ability with mentored sketching. The Engineering Design Graphics Journal, 72(winter), 19–27.
- Nagy-Kondor, R. (2017). Spatial Ability: Measurement and Development. In M. S. Khine (Ed.), Visual-spatial Ability in STEM Education: Transforming Research into Practice (pp. 35–58). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-44385-0 3
- Newcombe, N. S., Weisberg, S. M., Atit, K., Jacovina, M. E., Ormand, C. J., & Shipley, T. F. (2015). The Lay of the Land: Sensing and Representing Topography. *Baltic* International Yearbook of Cognition, Logic and Communication, 10, 1–57. https://doi.org/10.4148/1944-3676.1099
- Olkun, S. (2003). Making connections: Improving spatial abilities with engineering drawing activities. International Journal of Mathematics Teaching and Learning, 3(1), 1–10.
- Pellegrino, J. W., Alderton, D. L., & Shute, V. J. (1984). Understanding spatial ability. Educational Psychologist, 19(4), 239–253.
- Roff, M. (1953). A factorial study of tests in the perceptual area (Issue 8). Psychometric Society.
- Santos, M. E. C., Polvi, J., Taketomi, T., Yamamoto, G., Sandor, C., & Kato, H. (2015). Toward standard usability questionnaires for handheld augmented reality. IEEE *Computer Graphics and Applications*, 35(5), 66–75.
- Schneider, W. J., & McGrew, K. S. (2012). The Cattell-Horn-Carroll model of intelligence. In D. P. Flanagan & P. L. Harrison (Eds.), Contemporary intellectual









assessment (3rd., pp. 99–144). Guilford Press.

- Sorby, S. A. (1990). Developing 3-D Spatial Visualization Skills. Engeneering Design *Graphics Journal*, *63*(2), 21–32.
- Terenzini, P. T., & Pascareua, E. T. (1994). Living with myths: Undergraduate education in America. Change: The Magazine of Higher Learning, 26(1), 28–32.
- Thurstone, L. L. (1938). Primary mental abilities (Vol. 119). University of Chicago Press Chicago.

Tsutsumi, E. (2004). A Mental Cutting Test using drawings of intersections. Journal for *Geometry and Graphics*, *8*(1), 117–126.

Vandenberg, S. G., & Kuse, A. R. (1978). Mental rotations, a group test of threedimensional spatial visualization. Perceptual and Motor Skills, 47(2), 599–604.

Violante, M. G., Moos, S., & Vezzetti, E. (2020). A methodology for supporting the design of a learning outcomes-based formative assessment: the engineering drawing case study. European Journal of Engineering Education, 45(2), 305–327. https://doi.org/10.1080/03043797.2019.1622653

Wai, J., Lubinski, D., & Benbow, C. P. (2009). Spatial ability for STEM domains: Aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge solidifies its importance. Journal of Educational Psychology, 101(4), 817.

- Xiao, Z., Wauck, H., Peng, Z., Ren, H., Zhang, L., Zuo, S., Yao, Y., & Fu, W. T. (2018). Cubicle: An adaptive educational gaming platform for training spatial visualization skills. International Conference on Intelligent User Interfaces, Proceedings IUI, 91-101. https://doi.org/10.1145/3172944.3172954
- Yoon, S. Y. (2011). Psychometric properties of the revised Purdue spatial visualization tests: visualization of rotations (The Revised PSVT: R). (Doctoral dissertation). Available from ProQuest Dissertations & Theses Global database. (UMI No. 3480934).









1 priedas. Pratimų pavyzdžiai



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union N° 2019-1-LT01-KA202-060471







1 pratimo pavyzdys

Pavadinimas. Vaizdo taško identifikavimas topografiniame žemėlapyje

Aprašymas. Jsivaizduokite, kad esate ant kalno ir matote iliustracijoje parodyta kraštovaizdj. Turite nustatyti, kokia yra jūsų padėtis atitinkamame topografiniame žemėlapyje. Pasirinkite atsakymą, nurodantį kur, jūsų manymu, esate ir kuria kryptimi žiūrite.

Skaitmeniniai failai:

IO5-11-a.png Vaizdo, atitinkančio kraštovaizdį, failas



IO5-11-b.png Vaizdo, atitinkančio topografinį žemėlapį, failas





Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union N° 2019-1-LT01-KA202-060471







IO5-11-c.fbx Reljefo, atitinkančio topografinio žemėlapio plotą, skaitmeninis modelis (žalia zona yra pratimo sprendimas)



Rezultatas: teisingas atsakymas yra A. Šią vietą 3D skaitmeniniame modelyje žymi žalia zona. Papildytos realybės turinys: 3D reljefo modelis su pratimo sprendimu. Išankstinės žinios: topografinių žemėlapių skaitymas.









2 pratimo pavyzdys

Pavadinimas: Farnsworth namas

Aprašymas. Farnsworth namas, kurį 1946–1951 m. suprojektavo ir pastatė architektas Miesas van der Rohe, yra pripažintas ikonišku architektūros šedevru. Jis yra Plano mieste, Ilinojaus valstijoje, 58 mylios į pietvakarius nuo Čikagos. Sukurkite pastato 3D konstrukcinį modelį naudodami pastato brėžinius, kurie yra laisvai pasiekiami Kongreso bibliotekoje adresu: https://www.loc.gov/resource/hhh.il0323.sheet

Skaitmeniniai failai:

IO5-20-a.png. Pastato nuotrauka (Grigo V. nuotr., 2013 m.)



IO5-20-b.fbx Konstrukcijos 3D modelis



Rezultatas: pastato konstrukcijos 3D modelis. Papildytos realybės turinys: pratimo rezultatas (3D struktūros modelis). Išankstinės žinios: architektūrinių brėžinių interpretavimas ir 3D modeliavimas.



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union N° 2019-1-LT01-KA202-060471







3 pratimo pavyzdys

Pavadinimas. Metalo konstrukcijos. Pusiau standi dvitėjinės sijos IPE jungtis su kolona HEB viršutiniame aukšte.

Aprašymas. Naudodamiesi 3D modeliu, jungties brėžiniuose nurodykite suvirinimo simbolius. Atsižvelkite į visų suvirinimo siūlių efektyvų storį, kuris yra 10 mm. Naudojamos tik ištisinės siūlės. Visos siūlės virinamos montavimo metu, išskyrus tas, kurios atitinka kampinę atramą.

Skaitmeniniai failai:

IO5-07-a.fbx Sujungimo 3D modelis





Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union N° 2019-1-LT01-KA202-060471







IO5-07-b.png Sujungimo vaizdų brėžinys









IO5-07-c.png Sprendimo brėžinys



Rezultatas: atsakymas pateiktas IO5-07-c.png.

Papildytos realybės turinys: jungties 3D modelis.

Reikalingos išankstinės žinios: žinios apie suvirinimo siūlių žymėjimą techniniuose brėžiniuose.



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union N° 2019-1-LT01-KA202-060471







2 priedas.

Praktinis SPACAR platformos ir mobiliosios programėlės naudojimo vadovas



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union N° 2019-1-LT01-KA202-060471





A2.1 Platformos aprašymas

💭 Erasmus+

SPACAR projekto vykdymo metu buvo sukurta internetinė platforma, skirta mokytojų ir projekto partnerių kursams valdyti. Kursų turinys skirtas naudoti per mobiliesiems telefonams skirtą programėlę, kurioje galima vizualizuoti įvairaus tipo failus. 3D modelius galima vizualizuoti papildytoje realybėje. Kai kuriais atvejais šie 3D modeliai naudojami kaip pratimų įvestis. Kitais atvejais jie naudojami problemos sprendimui pristatyti/pateikti. Internetinė platforma pasiekiama adresu: https://adminspac-ar.azurewebsites.net.



11 pav. Kursy valdymas internetinėje platformoje

SPACAR projekto intelektiniai produktai (IO) pateikia pratimų rinkinį, kuris yra suskirstytas j 5 grupes:

- IO1: 1. Geometrinių kūnų kirtimas plokštumomis.
- IO2: 2. Geometrinių paviršių sankirtos.
- IO3: 3. Ortografinės projekcijos.
- IO4: 4. Mašinų dalių elementų braižymas.
- IO5: 5. Architektūriniai ir konstrukciniai brėžiniai.

SPACAR internetinė platforma (prisijungimo ekranas pateiktas 12 pav.) suteikia mokytojams administravimo teises, galimybę kurti savo kursus. Kursas – tai pratimų rinkinys. Šiuos pratimus galima nukopijuoti iš SPACAR partnerių sukurto intelektinio produkto. Jei mokytojai nori kursus išplėsti, kad geriau pritaikytų prie mokymo/si tikslų, juos taip pat gali sukurti patys nuo pradžių. Interneto platformos sąsajos kalbą galima pasirinkti naudojant piktogramą, kuri pasirodo viršutinėje dešinėje ekrano dalyje (pavaizduota 12 pav.). Ji išskleidžia meniu, rodomą 12 paveikslo dešinėje pusėje.





12 pav. Prisijungimo ekranas ir kalbos pasirinkimo meniu

A2.2 Kursų valdymas

Kursų valdymui galimos funkcijos:

 Norėdami peržiūrėti visus kursus, viršutiniame skirtuko meniu paspauskite skirtuką "Kursai" (13 pav.). Kursai, atitinkantys projekte sukurtus originalius intelektinius produktus, rodomi su simboliu Ø

Spacar	≡	Users Courses					
IO-1 Cutting G	•						
IO-2 Intersectio	•	Courses 🔹				Search	Q
🗧 IO-3 Orthograp	•						
lO-4 Constructi	•	Title	Created At	Unlock Key	Teachers	Languages	Actions
0 105	•						
Decroly-Output: 3 Decroly-Output: 4	•	IO-1 Cutting Geometrical Solids wit	11/08/2021	WUT1	-	English Lithuanian Latvian Polish German Spanish	0 Q
Decroly-Output: 1 Decroly-Output: 2	• •	IO-2 Intersections of Geometrical Su	11/08/2021	WUT2	-	English Lithuanian Latvian Polish German Spanish	0 0
Laimonas Test	• •	IO-3 Orthographic Projections	11/08/2021	RTU1	-	English Lithuanian Latvian Polish German Spanish	0 0
SKP 20 sp-1	, , ,	IO-4 Construction of Elements of M	11/08/2021	RTU2	-	English Lithuanian Latvian Polish German Spanish	0
Intersections of G Title Cutting Geo	• •	V 105	04/27/2021	UPV1	-	English Lithuanian Latvian Polish German Spanish	0 C
Contemporary Ap	Ì	Decroly-Output: 3. Orthographic projectio	04/21/2021	Decroly-3	Decroly - Teacher 1 Martín / Victor RoaMartín	English 🛦	0 3
		Decroly-Output: 4. Construction of Elemen	04/21/2021	Decroly-4	Decroly - Teacher 1 Martín / Victor RoaMartín	English 🛦	0 8

13 pav. Kursai platformoje





Norėdami sukurti naują kursą, paspauskite + žalią mygtuką.

Užpildykite reikiamus laukus ir paspauskite "Pateikti" (14 pav.). Norėdami pridėti naują kalbą, paspauskite + (pliuso) ženklą ir pasirinkite kalbą. Pavadinimas ir aprašymas skiriasi kiekvienai kalbai, atrakinimo raktas ir mokytojai yra vienodi visam kursui.

English 🕇		
Name		
Enter Name		
Description		
Enter Description		
		1
lock key		li.
llock key Enter Unlock Key		h
llock key Enter Unlock Key achers		h
llock key Enter Unlock Key achers ielect		<i>h</i>
Ilock key Enter Unlock Key achers Select		

14 pav. Kurso kūrimo duomenys

Norėdami redaguoti kurso informaciją, spustelėkite jo eilutę sąraše, kad išskleistumėte kurso informacijos ekraną. Tada paspauskite oranžinį mygtuką su pieštuko piktograma (15 pav.). Redaguokite laukus ir paspauskite "Pateikti". Norėdami pašalinti kalbą iš kurso, kalbos skirtuke paspauskite x (kryžiuko) ženklą (16 pav.).

Course info 🧧 🖉 👪 省				Partner Conte
Created At Unlock Key Teachers 04/27/2021 UPV2021 -				
English				
Title:	Descripti	on:		
IO-5 Architectural and Construction Drawing	Exercises cor Drawing	responding to Are	chitectural and	Construction
Exercises +			Search	٩
Title	Created At	Actions	Reorder	Copy to
Title 1, Building plans. Ground floor	Created At 04/28/2021	Actions	Reorder	Copy to Select ~
Title 1. Building plans. Ground floor 2, Cross-section of 4a4 house Tadio Ando architect	Created At 04/28/2021 04/27/2021	Actions	Reorder	Copy to Select

15 pav. Kurso duomenų pateikimas



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union N° 2019-1-LT01-KA202-060471



Erasmus+



English 🗙	Lithuanian 🗙	Latvian 🗙	Polish 🗙	German 🗙	Spanish 🗙	+	
Name							
IO-5							
Description							
							<i>h</i>
nlock key							
UPV2021							
UPV2021							
UPV2021 eachers Select							

16 pav. Kurso duomenų pateikimas (II)

- Norėdami ištrinti kursą, paspauskite raudoną mygtuką (15 pav.).
- Norėdami atspausdinti QR kodą, kuris bus naudojamas papildytosios realybės turinio vizualizavimui naudojant SPCAR mobiliąją programėlę, spustelėkite žalią

믪

piktogramą **datum**, esančią šalia srities "Kurso informacija" lango viršuje (15 pav.).

 Norėdami atidaryti kurso langą, kursų lentelėje arba šoninėje juostoje paspauskite kurso eilutę (17 pav.).



17 pav. Kairiosios šoninės juostos dalis









A2.3 Pratimų valdymas

- Norėdami peržiūrėti kurso pratimus, kursų lentelėje arba šoninėje juostoje paspauskite kurso eilutę.
- Norėdami sukurti naują pratimą, paspauskite žalią mygtuką su + (pliuso) ženklu
 Exercises +

. Užpildykite reikiamus laukus ir paspauskite "Pateikti" (18 pav.) Jei kurse yra daugiau kalbų, pridėkite naują pratimo kalbą paspausdami + (pliuso) ženklą ir pasirinkdami kalbą.

Enter Nam	P.,	
Description		
Enter Deso	iption	
Add 3D mod	els 👔 vos Ningún archivo seleccionado	//
Elegir archi		
Elegir archi Add images Elegir archi	os Ningún archivo seleccionado	

18 pav. Pratimo aprašymas

 Norėdami redaguoti pratimo informaciją, paspauskite oranžinį mygtuką su pieštuko piktograma stulpelyje "Veiksmai" (19 pav.). Redaguokite laukus ir paspauskite "Pateikti" (20 pav.). Norėdami pašalinti kalbą iš pratimo, paspauskite x (kryžiuko) ženklą kalbos skirtuke.







sh Lithuanian	n Latvian Polish German	Spanish			
tle:	Description:				
-5	Exercises correspon	ding to Archited	ctural and Cor	struction Dra	wing
xercises	•			Search	٩
Title		Created At	Actions	Reorder	Copy to
Title 1, Building plans.	Ground floor	Created At 04/28/2021	Actions	Reorder	Copy to
Title 1, Building plans. 2, Cross-section o	Ground floor of 4x4 house Tadao Ando architect	Created At 04/28/2021 04/27/2021	Actions	Reorder	Copy to Select, ~

19 pav. Pratimų informacijos pateikimas

Name					
7, Meta	l constructions				
Descriptio	on				
effectiv those c	e throat thickness orresponding to th	of 10 mm for al ne angular supp	l the welds (or	nly fillet welds ar	e used). All welds are made on field except
					1/
Add mod Elegir ar Add imag	els 🚺 chivos Ningún ar	chivo seleccion	ado		
Add mod Elegir ar Add imag Elegir ar	els 🚺 chivos Ningún ar jes chivos Ningún ar	chivo seleccion chivo seleccion	ado		
Add mod Elegir ar Add imag Elegir ar Add othe	els () chivos Ningún ar ges chivos Ningún ar r files	chivo seleccion chivo seleccion	ado ado		

20 pav. Pratimo aprašymas



Erasmus+







- Norėdami ištrinti pratimą, paspauskite raudoną mygtuką stulpelyje "Veiksmas" (19 pav.).
- Norėdami nukopijuoti visus pratimus į kitą kursą, paspauskite mėlyną mygtuką

 ²
 ¹
 ²
 ¹
 ¹

ir pasirinkite kursą, į kurį norite kopijuoti pratimus (15 pav.).

- Norėdami nukopijuoti vieną pratimą į kitą kursą, paspauskite pasirinkimą veiksmų stulpelyje ir pasirinkite kursą, į kurį norite kopijuoti pratimus (19 pav.).
- Norėdami atidaryti pratimų langą, paspauskite pratimų eilutę pratimų lentelėje arba šoninėje juostoje (19 pav.).
- Norėdami suaktyvinti su pratimu susieto failo vizualizaciją, naudokite akies piktogramą (21 pav.). Mobiliosios programėlės naudotojas turės atnaujinti kurso turinį.
- Norėdami ištrinti su pratimu susietą failą, naudokite šiukšliadėžės piktogramą (21 pav.).

-5 🛛 🧷			Created at: 04/27
nglish Lithuanian	Latvian Polish (ierman Spanish	
Title 9, Installation of heatin	ig systems	Model	Display QR Code:
Description Watch the model of be will see the heated floo Task 1: Sketch the plan installation over plan IG Task 2: Name the parts Task 3: Redesign the ci weather conditions of 9 Models IO5-09-a.fbx IO5-09-b.fbx	edroom, click and you or installation. to f heated floor 05-9-c.pdf to finstallation rcuit according to the your place		
Images			
Other files			
IO5-09-c.pdf	ē 🗊		
IO5-09-d.pdf	i 9		

21 pav. Prisegtų failų valdymas atliekant pratimą









A2.4 Vartotojų valdymas

Tik vartotojai, turintys administratoriaus teises, gali atlikti šiuos veiksmus.

• Norėdami peržiūrėti visus registruotus vartotojus, viršutiniame skirtuko meniu paspauskite skirtuką "Vartotojai" (22 pav.).





Norėdami sukurti naują vartotoją, paspauskite žalią mygtuką su + (pliuso) ženklu Users 🗗

. Užpildykite reikiamus laukus ir paspauskite "Pateikti" (23 pav.).

Add a User	×
First name	
Enter First Name	
Last name	
Enter Last Name	
Email	
Enter Email	
Password	
Enter Password	
Role	
Teacher	~
⊘ Submit	

23 pav. Vartotojo aprašymo langas





Erasmus+



Norėdami redaguoti vartotojo informaciją, paspauskite oranžinį mygtuką su • pieštuko piktograma stulpelyje "Veiksmas" (24 pav.). Redaguokite laukus ir paspauskite "Pateikti" (25 pav.).

Users	+		Search	٩
First name	Last name	Email	Role	Actions
Victor	Roa	vroa@decroly.com	Admin	0 B
Victor	RoaMartín	victormanuelroamartin@gmail.com	Teacher	0 🛛
Rokas	Rokauskas	rokas.rokauskas@gmail.com	Admin	0 B

24 pav. Veiksmai vartotojams

Edit User	×
First name	
John	
Last name	
Johnson	
Email	
jhon.jhonson@gmail.com	
Role	
Teacher	~
⊗ Submit	

25 pav. Vartotojo duomenų pateikimas

Norėdami ištrinti vartotoją, paspauskite raudoną mygtuką stulpelyje "Veiksmas" (24 pav.).









A2.5 Vartotojų tipai

Platforma palaiko trijų tipų vartotojus, kaip nurodyta 6 lentelėje. Jie turi skirtingus teisių lygius platformos palaikomoms užduotims.

6 lentelė. Vartotojų tipai ir jų teisės

	Administratorius	Mokytojas	Studentas
Kurti, redaguoti, ištrinti kitus vartotojus	\checkmark	×	×
Matyti registruotus vartotojus	\checkmark	✓ (tik jų studentai)	×
Kurti, redaguoti, ištrinti kursus	\checkmark	✓ (tik paskirtus)	×
Kurti, redaguoti, ištrinti pratimus	\checkmark	√	×
Matyti kursus ir pratimus	\checkmark	✓ (tik paskirtus)	✓ (tik atrakintus)
Pakeisti numatytąją kalbą	\checkmark	×	×
Kopijuoti pratimus	\checkmark	\checkmark	×
Atrakinti kursus	×	×	\checkmark
Peržiūrėti 3D modelius papildytoje realybėje	×	×	✓
Peržiūrėti pratimų vaizdų galeriją	×	×	✓









A2.6 Mobilioji programėlė



SPACAR programėlė vra įrankis, skirtas studentams pasiekti sukurtų kursų turinį. Pradiniame ekrane (26 pav.), jei studentas nėra užsiregistravęs sistemoje, paspaudęs žodį "Registruotis", jis turi pateikti el. pašto adresą ir slaptažodį, kad sukurtų sistemoje naują vartotoją. Slaptažodis turi būti sudarytas bent iš 8 simbolių, jame turi būti bent viena didžioji raidė, viena mažoji raidė ir vienas skaičius arba simbolis.



26 pav. Pradinis ekranas ir registracijos forma

Pamiršus slaptažodį, jį galima atkurti spustelėjus "Pamiršau slaptažodį", kad būtų atidarytas slaptažodžio atkūrimo ekranas (27 pav.).



27 pav. Slaptažodžio atkūrimas









Pagrindinės programėlės funkcijos:

 Norėdami pakeisti rodomą kalbą, paspauskite mygtuką viršutiniame dešiniajame prisijungimo ekrano kampe arba pasirinkimo ekrane ir pasirinkite norimą kalbą (28 pav.).



28 pav. Kalbos pasirinkimas

Norėdami atrakinti kursą, paspauskite pliuso mygtuką , įveskite raktą ir paspauskite "Atrakinti" (29 pav.).



29 pav. Kurso atrakinimas









 Norėdami atidaryti kursą, paspauskite mygtuką su norimu kurso pavadinimu. Šie mygtukai pridedami, kai kursai atrakinami (30 pav.).

Courses 🔂 🛛 🔒
Q Search courses
IO-5 Architectural and Construction Drawing Read more >
IO-1 Cutting Geometrical Solids with Planes Read more >
IO-2 Intersections of Geometrical Surfaces Read more >

30 pav. Kurso atidarymas

 Norėdami pašalinti kursą, paspauskite kurso apačioje esantį mygtuką
 × Remove course ir pasirinkite "Pašalinti" (31 pav.).



31 pav. Kurso pašalinimas









 Norėdami atidaryti pratimą, paspauskite mygtuką su norimu pratimo pavadinimu (32 pav.). Norėdami peržiūrėti vaizdą pratimų galerijoje, paspauskite vieną iš paveikslėlį rodančių mygtukų.



32 pav. Pratimų pasirinkimas (kairėje) ir vieno pratimo vaizdų galerija (dešinėje)

 Norėdami atsisiųsti failą, kuris nėra vaizdas arba 3D modelis (jie nurodyti kaip ištekliai), paspauskite failo pavadinimą (17 pav.).



33 pav. Išteklių failas









 Norėdami peržiūrėti vaizdą pratimų galerijoje, paspauskite vieną iš vaizdą rodančių mygtukų (34 pav.)



34 pav. Galerija

Norėdami peržiūrėti 3D modelį, paspauskite mygtuką "Atidaryti 3D modelį"
 Open 3D model
 . Kai 3D modelis įkeliamas, keisti jo mastelį ir jį pasukti galima pirštais (35 pav.)



35 pav. 3D vizualizacijos pavyzdys









Norėdami peržiūrėti 3D modelį papildytoje realybėje, paspauskite mygtuką "AR"



36 pav. Papildytos realybės vizualizacija

Norint naudoti papildytos realybės vizualizaciją, reikia atspausdinti QR kodą (pateiktas 37 pav.). Norint sėkmingai valdyti vizualizaciją, mobiliojo telefono kamera turi matyti QR kodą.



37 pav. Visų kursų QR kodas









A2.7 3D modelių koregavimas

Kartais 3D modeliai atrodo kreivai, o jų šešėliai atrodo netinkami. Ši trumpa pamoka padės išspręsti šią problemą naudojant atvirojo šaltinio programą Blender, kurią galima atsisiųsti iš https://www.blender.org.

38 paveikslėlyje pateikti keli modelių pavyzdžiai prieš ir po koregavimo.



38 pav. Modelių pavyzdžiai

1. Pirmiausia importuokite modelj j savo Blender ekrana (File -> Import -> pasirinkite modelio formatą -> pasirinkite modelį) (39 pav.).



39 pav. Failo importavimas į Blender



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union N° 2019-1-LT01-KA202-060471





Erasmus+

2. Paspauskite ant modelio kairįjį pelės mygtuką.

3. Jei jis per didelis, klaviatūroje paspauskite "n" ir pakeiskite matmenis naujai rodomame laukelyje "Transform" (40 pav.).

 Transform 			ma
Location:			Ξ
х	0 m		Tool
Y	0 m		È
Z	0 m		View
Rotation:			
x	90°		
Y			
Z			
XYZ Euler			
Scale:			
x	1.000		
Y	1.000		
Z	1.000		
Dimensions:			
x		68 m	
Y		80 m	
Z		63 m	

40 pav. Transformavimas

4. Paspauskite mygtuką "Object Data Properties" (žalias trikampis), išplėskite skirtuką "Normals" ir pasirinkite "Auto Smooth" (41 pav.).



41 pav. Objekto duomenų ypatybės

5. Jei "Auto Smooth" jau pasirinktas ir jums vis tiek reikia išlyginti, panaikinkite "Auto Smooth" pasirinkimą ir paspauskite klaviatūros klavišą "Tab" arba viršutiniame meniu pasirinkite "Edit Mode" (42 pav.).





42 pav. Redagavimo režimo pasirinkimas

6. Tada paspauskite klaviatūros klavišą 2 (virš raidžių, o ne skaičių klaviatūroje) arba pasirinkite



vidurinę parinktį "Edge Select" -

Įsitikinkite, kad šoniniame laukelyje

7. Tada pele pažymėkite modelio kraštus, vilkdami aplink juos žymeklį (arba pažymėkite juos po vieną atskirai) (43 pav.).



43 pav. Briaunų pasirinkimas



pasirinktas "Select Box".







8. Įsitikinkite, kad pasirinktos tik aštrios briaunos (44 pav.).



44 pav. Pasirinktos briaunos

9. Pasirinkę briaunas, paspauskite dešinįjį pelės mygtuką ir pasirinkite "Edge Split" (45 pav.).



45 pav. Briaunos padalijimo komanda









10. Pakartokite 7–9 veiksmus kiekvienai plokščiai modelio pusei (46 pav.).

Erasmus+

46 pav. Fiksuotas modelis

